

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KEKİK BİTKİSİ UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİNİN EKSTRAKSİYONU VE
İN-VİTRO FONKSİYONEL ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Merve Nur GENÇCELEP

GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KEKİK BİTKİSİ UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİNİN EKSTRAKSİYONU VE *İN-VİTRO* FONKSİYONEL ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Merve Nur GENÇCELEP

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şebnem BUDAK

Bu araştırmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden (Bursa, Ankara ve Hatay) toplanan *Origanum vulgare* (Kekik) bitkilerinden yüksek vakum distilasyon yöntemi ile elde edilen ekstraktın, GC-MS (Gaz Krom otografi/Kütle Spektrometrisi) cihazında ve katı faz mikroekstraksiyon (SPME) tekniği kullanılarak uçucu yağ bileşenleri tespit edilmiştir. Kekik uçucu yağ bileşenlerinin, antioksidan, fenolik madde miktarları ve antimikrobiyal aktiviteleri *in-vitro* koşullarda incelenmiştir. Kekik uçucu yağları analiz edildiğinde asitler, esterler, alkoller, ketonlar, terpenler, aldehitler ve fenoller gibi farklı kimyasal gruplar belirlenmiştir. Hatay kekiği uçucu yağı; esterler, alkoller ve aldehitler, terpenler, fenoller bakımından zengin bir kimyasal profile sahipken, Bursa kekiği uçucu yağı, esterler, ketonlar, aldehitler ve terpenler açısından, Ankara kekiği uçucu yağı ise asitler, ketonlar ve terpen bileşenleri açısından zengin profile sahiptir.

Yapılan antioksidan analizlerinde, Bursa kekiği uçucu yağı en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Fenolik madde miktarları açısından ise, Bursa ve Hatay kekik uçucu yağ örnekleri yüksek değerlere sahipken, Ankara uçucu yağ örneği daha düşük fenolik içerik göstermiştir. Antimikrobiyal analizler kapsamında, Hatay kekiği uçucu yağ örneği diğer bölge kekik uçucu yağlarına göre, *Salmonella enterocolitica*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* mikroorganizmaları üzerinde daha yüksek inhibisyon etki göstermiştir.

Sonuç olarak, kekik uçucu yağlarının bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri, iklim, toprak, yetiştirme koşulları gibi çevresel faktörlere ve bölgesel farklılıklara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu durum, kekik uçucu yağlarının gıda koruma, sağlık ve endüstriyel uygulamalarda daha etkin kullanımı için bölgesel özelliklerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Gelecek araştırmalar, bu farklılıkların daha derinlemesine incelenmesini ve kekik uçucu yağlarının potansiyel tıbbi ve endüstriyel kullanım alanlarını belirlemeye yönelik çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Şubat 2025, 95 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kekik, uçucu yağ, antimikrobiyal, antioksidan, fenolik

ABSTRACT

Master Thesis

EXTRACTION OF ESSENTIAL OIL COMPONENTS OF THYME AND DETERMINATION OF ITS *IN-VITRO* FUNCTIONAL EFFECT

Merve Nur GENÇCELEP

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Food Safety

Supervisor: Prof. Dr. Şebnem BUDAK

In this study, the essential oil components of the extract obtained by high vacuum distillation method from *Origanum vulgare* (Thyme) plants collected from different regions of Turkey (Bursa, Ankara, and Hatay) were determined by GC-MS (Gas Chromatography/Mass Spectrometry) device and solid phase microextraction (SPME) technique. The antioxidant, phenolic substance amounts, and antimicrobial activities of thyme essential oil components were investigated in vitro. Different chemical groups, such as acids, esters, alcohols, ketones, terpenes, aldehydes, and phenols, were determined when thyme essential oils were analyzed. Hatay thyme essential oil has a chemical profile rich in esters, alcohols, aldehydes, terpenes, and phenols, while Bursa thyme essential oil is more dominant in terms of esterfs, ketones, aldehydes, and terpenes, Ankara thyme essential oil was found to be rich in acids, ketones, and terpenic substances.

Bursa thyme essential oil showed the highest antioxidant activity in the antioxidant analyses. Regarding phenolic substance amounts, thyme essential oil samples from the Bursa and Hatay had higher values than those of the Ankara sample. Within the scope of antimicrobial analyses, the Hatay thyme essential oil sample showed a high inhibitory effect on *Salmonella enterocolitis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus cereus* microorganisms compared to thyme essential oils from other regions.

As a result, the components and functional properties of thyme essential oils vary depending on environmental factors such as climate, soil, growing conditions, and regional differences. This situation emphasizes the importance of considering regional characteristics to more effectively use thyme essential oils in food preservation, health, and industrial applications. Future research requires a more in-depth examination of these differences and studies to determine the potential medical and industrial uses of thyme essential oils.

February 2025, 95 pages

Key Words: Thyme, essential oil, antimicrobial, antioxidant, phenolic

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın araőtırılmasından oluşumuna kadar olan sre zarfında desteğini, değerli fikirlerini, zverisini, emeğini esirgemeyen danıőmanım sayın Prof. Dr. Şebnem BUDAK'a, değerli bilgileriyle desteğini, vaktini, emeğini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Yahya Kemal AVŐAR'a, yardımları için sayın Doç. Dr. Ceren AKAL DEMİRDÖĞEN hocama, çalıőmalarımı yürütürken yardımcı olan arkadaőım Merve Nur TAHRAN'a,

Her zaman yanımda olan en büyük destekçilerim babam Alican GENÇCELEP'e, annem Tuba GENÇCELEP'e, anneannem Fatma Nur SAFİ ve kız kardeőlerim Ayőenur, Senanur ve Sudenur GENÇCELEP'e teőekkürlerimle.

Merve Nur GENÇCELEP
Ankara, Şubat 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1 <i>Labiatae (Lamiaceae)</i> Familyası	5
2.2 Kekik (<i>Thymus spp.</i>).....	6
2.2.1 <i>Origanum</i> cinsi (<i>Origanum vulgare</i>).....	8
2.2.2 Yetiştiriciliği ve üretimi	10
2.2.3 İthalat ve ihracatı.....	12
2.2.4 <i>Kullanım alanları</i>	15
2.2.5 Kekik uçucu yağı.....	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	22
3.1 Materyal.....	22
3.2 Yöntem	22
3.2.1 Kekik uçucu yağı eldesi	22
3.2.1.1 Solvent ekstraksiyonu ve yüksek vakum distilasyonu	22
3.2.2 Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME)	23
3.2.3 Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) analizi.....	24
3.2.4 Kekik uçucu bileşenlerinin toplam fenolik madde miktarı.....	25
3.2.5 Kekik uçucu bileşenlerinin antioksidan aktivitesi (DPPH Yöntemi)	25
3.2.6 Kekik uçucu bileşenlerinin antimikrobiyal aktivitesi.....	26
3.2.7 İstatistiksel analizler.....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	28
4.1 Kekik Uçucu Yağ Bileşenleri	28
4.2 Toplam Antioksidan Aktivitesi.....	47

4.3 Toplam Fenolik Madde Miktarı	50
4.4 Antimikrobiyal Aktivite Analizleri	53
5. SONUÇ.....	64
KAYNAKLAR.....	70
EKLER.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR DİZİNİ

DPPH	2,2-difenil-1-pikril-hidrazil
ESCOP	Avrupa Bilimsel Fitoterapi Kooperatifi
GAE	Gallik Asit
GC/O-MS	Gaz Kromatografisi/Olfaktometri-Kütle Spektrometrisi
GC:Gaz	Kromatografisi
GC-FID	Alev İyonizasyon Dedektörü
GC-MS	Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi
HS	Tepe Boşluğu
MeOH	Metanol
MİK	Minimum İnhibitör Konsantrasyon
SPME	Katıfaz Mikroekstraksiyonu
SWE	Süper Isınmış Su Ekstraksiyonu
TAB	Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Yüksek vakum distilasyon	23
Şekil 4.1 Kekik uçucu yağ örneklerinin bileşen oranları (%)	35
Şekil 4.2 Kekik uçucu yağ örneklerinde karvakol ve timol (%)	42
Şekil 4.3 Bursa-Hatay kekiğinin uçucu yağlarının E.coli'ye karşı gösterdiği inhibisyon zonu	54
Şekil 4.4 Ankara kekiği uçucu yağının E.coli'ye karşı gösterdiği inhibisyon zonu	54
Şekil 4.5 Ankara kekiği uçucu yağının B.cereus karşı gösterdiği inhibisyon zonu	55
Şekil 4.6 Bursa-Hatay kekiğinin uçucu yağlarının B.cereus karşı gösterdiği inhibisyon zonu	55
Şekil 4.7 Bursa-Hatay kekiğinin uçucu yağlarının <i>S.aeurus</i> 'a karşı gösterdiği inhibisyon zonu	56
Şekil 4.8 Ankara kekiğinin uçucu yağının <i>S.aeurus</i> 'a karşı gösterdiği inhibisyon zonu	56
Şekil 4.9 Bursa-Hatay kekiğinin uçucu yağlarının S.enter'e karşı gösterdiği inhibisyon zonu	57
Şekil 4.10 Ankara kekiğinin uçucu yağının S.enter'e karşı gösterdiği inhibisyon zonu	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Kekik dış ticareti	13
Çizelge 2.2 Kekik bitkisi fenolik bileşenleri biyolojik aktiviteleri	15
Çizelge 2.3 Kekik bitkisi besin öğeleri	15
Çizelge 4.1 Kekik uçucu yağ örneklerinin asit kompozisyonu (mg/kg).....	29
Çizelge 4.2 Kekik uçucu yağ örneklerinin ester kompozisyonu (mg/kg).....	29
Çizelge 4.3 Kekik uçucu yağ örneklerinin alkol kompozisyonu (mg/kg)	30
Çizelge 4.4 Kekik uçucu yağ örneklerinin keton kompozisyonu (mg/kg).....	30
Çizelge 4.5 Kekik uçucu yağ örneklerinin aldehit kompozisyonu (mg/kg).....	31
Çizelge 4.6 Kekik uçucu yağ örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu (mg/kg)	31
Çizelge 4.7 Kekik uçucu yağ örneklerinin terpen kompozisyonu.....	32
Çizelge 4.8 Kekik uçucu yağ örneklerinde belirlenen toplam antioksidan aktivitesi	47
Çizelge 4.9 Kekik uçucu yağ örneklerinde belirlenen toplam fenolik madde miktarı.....	51
Çizelge 4.10 Kekik uçucu yağ örneklerinde antimikrobiyal aktivite analizleri.....	53

1. GİRİŞ

Çağımızda aynı anlamda kullanılan “tıbbi bitkiler” ve “aromatik bitkiler” kavramı hastalıkların önlenmesi, sağlığın korunması veya hastalıkların tedavi edilmesi amacıyla kullanılan bitkileri ifade etmektedir (Bayram vd. 2010). Bu bitkiler, yaprak, çiçek, kök gibi bitkinin en az bir bölümünde bulunan sekonder metabolitleri içeren bitkilerdir (Baydar, 2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin (TAB) bir kısmı doğadan toplanmakta iken bir kısmı kültüre alınarak üretilmektedir. Son dönemlerde söz konusu bitkilerin oluşturduğu pazar, ekonomiye katkı sağlamakta ve kırsal bölgelerde yaşayan bireyler için önemli gelir kaynağı teşkil etmektedir (Acıbuca ve Budak, 2018). Çin, Hindistan, Almanya ve ABD ithal eden ülkeler olup ihracatçı ülkeler Hong Kong, Japonya, ABD ve Almanya şeklindedir (FAO, 2022).

Uzun yıllar boyunca çeşitli alanlarda kullanılan bu bitkiler, odun dışı orman ürünleri veya baharat şeklinde de sınıflandırılabilir (Bayraktar vd. 2017). Aromatik bitkiler hoş tat ve koku sağlamak amacıyla tercih edilebilirken tıbbi bitkiler ilaç, terapi, vücut bakımı, kozmetik, beslenme gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir (Bayram vd. 2010). TAB, özellikle ilaç sanayinin taleplerini karşılamada önemli bir rol oynamaktadır. Küresel ölçekte yaygın kullanıma sahip ilaçların yaklaşık %30’unu sağlamakta ve her geçen gün güvenilirliklerinde artış göstermektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde geleneksel ilaç kullanımı %20 oranında iken özellikle Almanya (%40-50), Avustralya (%48) ve Fransa (%49) gibi ülkelerde, nüfusun çoğunluğu geleneksel ilaç kullanımını tercih etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tahmini gelecekte kullanım oranlarının küresel nüfusu yansıtacağı yönündedir (FAO, 2005). Ancak, günümüzde 422 bin çiçekli bitki türünün yaklaşık 52 bini tıbbi amaca hizmet etmektedir. 4160 tür ise risk altındadır. Florada 173 familya, 1244 cins, 9150’den fazla tür ve 3500’ün üzerinde endemik takson mevcuttur (Başer, 2003). Bu durum Türkiye açısından incelendiğinde yaklaşık %31’i endemik olan 12476 bitki türüne ev sahipliği yapan zengin bir coğrafya ile karşılaşmakta (Özkök vd. 2016) ; 1000 tıbbi bitki türü ve 3000 aromatik bitki taksonu varlığına ulaşılmaktadır. İhracat değeri taşıyan 200’e yakın tür bulunmasına rağmen sadece 70-100 bitki taksonu ihraç edilmektedir. Bu

bitkilerin tarımının yaygın ve yeterli olmaması sebebiyle, ihracatın büyük bölümü doğadan toplanan bitkilerle gerçekleşmektedir (Başer, 2003). Bu bitkilerden biri kekik (*Origanum vulgare*) olup ticaret hacmi ve üretim açısından ön planda yer almaktadır (Anonim, 2020). Kekik bitkisi çay, baharat, gıda koruyucu, kozmetik, ilaç, herbisit ve insektisit gibi pek çok alanda önemli kullanıma sahiptir (Baydar, 2019). Ballıbabagiller (Labiata-Lamiaceae) familyasına ait olup kekik otu, kakuk, sater ve catır isimleriyle de anılmaktadır (Bozdemir, 2019). 2000'li yılların başında kültüre alınmasında diğer birçok tıbbi ve aromatik bitkiye göre coğrafi, iklimsel ve ekolojik koşullara daha iyi uyum sağlayabilmesi etkilidir (Bahtiyarca Bağdat, 2006; Sarı ve Altunkaya, 2020). Böylece, Türkiye için giderek ekonomik açıdan önemli hale gelmiştir (Anonim, 2020).

Bileşen bakımından zengin olan kekik timonin, luteolin, naringenin, pigenin, lutein, zeksantin, flavonoid gibi çeşitli güçlü antioksidan bileşikler içermektedir (Daugan ve Abdullah, 2017). Yapısındaki tanen ve acı maddelerden oluşan uçucu yağlar (Baytop, 2021) ve bu uçucu yağın ana bileşeni olan timol, bitkiye özgü aromatik özelliklerin yanı sıra, antimikrobiyal ve biyokoruyucu özelliklerin de kaynağını oluşturmaktadır (Komaki vd. 2015). Taze kekik bitkisi, diğer bitkilerle kıyaslandığında en yüksek seviyede antioksidan kapasiteye sahiptir (Daugan ve Abdullah, 2017). Antioksidan özelliğe sahip olmaları, hücrel savunma mekanizmalarını desteklemektedir (Öner, 2023). Bu durumda adaptasyon yeteneği, sinerjik etkisi, besin değeri ve farmakolojik etkileri açısından önemini artırmaktadır (Komaki vd. 2015; Sanches-Silva vd. 2021).

Antimikrobiyal, antikanser, antiinflamatuvar, antiviral, antiseptik ve antifungal özellikleri sayesinde kekik uçucu yağları, ilaç sanayisinde önemli bir yere sahiptir. Kekik uçucu yağlarının sağlık üzerindeki faydaları genellikle karvakrol, sitral, öjenol ve timol gibi fenolik bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Timol, özellikle bu etkilerden sorumlu önemli bir bileşendir. Bununla birlikte, uçucu yağların etkileyici biyolojik aktiviteleri, fenoller, aldehitler, ketonlar, mono ve seskiterpenler, karbonhidratlar, eterler ve alkol gibi diğer bileşenlerin varlığıyla da ilişkilidir (Mishra vd. 2020). Araştırmalara göre, timolün antiseptik gücü, fenol gibi bileşenlere kıyasla yaklaşık 30 kat daha fazladır. Kekik uçucu yağının antimikrobiyal etkisini inceleyen bilim insanları, Shigella ve patojen mikroorganizmalara karşı timolün inhibitör bir etki gösterdiğini bulmuşlardır. Bu

bulgular, kekiğin özellikle mikrobiyal enfeksiyonlar karşısında doğal bir koruyucu olduğunu desteklemektedir (Bagamboula vd. 2004).

Vücutta serbest radikal hasarını önleyerek, genel sağlığı desteklemekte ve enerji seviyesini artırmaktadır (Sardari vd. 2021). Geleneksel tıpta karminatif, antitusif, tonik ve antiseptik olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, kozmetik ürünlerin formülasyonu, parfüm endüstrisi ve çeşitli gıda ürünlerinin muhafazası ile tatlandırılması gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Iauk vd. 2015). Kekik uçucu yağı, gıdalarda koruyucu olarak değerlendirilebilmekte ve besinlerin raf ömrünü uzatarak katkı maddelerinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır (Bozdemir, 2019).

Kekik uçucu yağ bileşenlerinin tespiti için kullanılan ekstraksiyon yöntemleri , uçucu yağlarda bulunan fitokimyasalların etkilerinin değişmesine, farmakolojik bileşen kayıplarına, kötü tat ve koku gibi durumlara yol açabilmektedir (Aziz vd. 2018).

Bu bilgiler kapsamında yapılan çalışmanın amacı, Türkiye'nin farklı bölgelerinden (Bursa, Ankara ve Hatay) toplanan üç farklı *Origanum vulgare* cinsine ait dağ kekiği örneklerinden elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal ve antioksidan etkilerini *in vitro* ortamda incelemektir. Kekik bitkisi örneklerinden uçucu yağ, yüksek vakum altında distilasyon ile elde edilmiştir (Karagül vd. 2002). Bu distilasyon işlemi ile sıcaklık ve basınç kontrol altına alınarak, ısının fazla yükselmesi ile uçucu yağ içerisindeki bileşenlerin dekompozisyona uğraması önlenmeye çalışılarak bileşenlerinin hidrolize olmadan, içerisindeki terpenoidlerin polimerize olmadan elde edilmesi ve uçucu yağ veriminin artırılması amaçlanmıştır (Baydar, 2020). Bu teknikle yalnızca uçuculuğu yüksek olan bileşenler molekülleri değil, uçuculuk oranı orta ve düşük olan bileşen moleküllerinin de ekstrakte olması sağlanmaktadır (Mazida vd. 2005).

Bu bağlamda, kekik uçucu yağlarının fenolik bileşenlerinin ve diğer biyoaktif maddelerinin gıda koruma ve sağlık alanında potansiyel kullanımını değerlendirmek amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında kekik uçucu yağlarının, belirli patojen mikroorganizmalar *Staphylococcus (S.) aureus*, *Escherichia (E.) coli*, *Bacillus (B.) cereus*, *Salmonella (S.) enterocolitica* üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri agar kuyu

difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu reaktif yöntemi ile, antioksidan kapasiteleri ise DPPH yöntemi ile belirlenmiştir. Bu çalışma, kekik uçucu yağlarının doğal koruyucu ajan olma potansiyeline dair bilimsel veri sağlamaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde, kekik bitkisi (*Origanum vulgare*) ve onun ait olduğu *Labiatae* (*Lamiaceae*) familyası hakkında bilgiler sunulmakta, ayrıca *Origanum* cinsinin özellikleri, yetiştiriciliği, üretimi ve kullanım alanları üzerinde durulmaktadır. Kekik uçucu yağının bileşimi ve sağlık yararları da ele alınırken, çalışmada yararlanılan mikroorganizmalar arasında *S. enterocolitica*, *E. coli*, *S. aureus* ve *B. cereus* gibi gıda kaynaklı patojenlerin özellikleri, bulaşma yolları ve sağlık üzerindeki etkileri incelenmektedir. Bu sayede, kekik ve yağının potansiyel faydaları ile ilgili literatür taraması yapılarak çalışmanın kuramsal temelleri oluşturulmaktadır.

2.1 *Labiatae* (*Lamiaceae*) Familyası

Yaklaşık 236 cins ve 7000'den fazla sayıda tür içeren familya neredeyse tüm habitat tiplerinde ve irtifalarda yetişebilme yeteneğine sahip olmasına rağmen, özellikle Kuzey-Batı Asya ve Akdeniz bölgelerinde yayılım göstermektedir (Najafi, 2023). Türkiye, *Lamiaceae* familyası açısından zengin bir flora sahiptir. Najafi (2023)'ye göre Türkiye'de 45 cins, 565 tür ve 735 takson yer alan familya Başer ve Kırımer (2018)' göre 46 cins, 603'tür ve 179 alttür ile varyete olmak üzere toplamda 782 takson bulundurmaktadır. Bu taksonlardan 346'sı (271 tür-75 alttürle varyete) endemiktir (%44,24). 28 melez tür (24'ü endemik) de Türkiye florasında yer almaktadır (Başer ve Kırımer, 2018). Bu nedenle Türkiye, *Lamiaceae* için önem arz eden gen merkezlerinden biridir (Özkan ve Soy, 2007). Ayrıca *Lamiaceae* familyası, 245'i aşan cins ve 7900 tür ile Angiosperm bitkiler arasında altıncı en büyük familya olarak kabul edilmekte ve küresel ölçekte yayılım göstermektedir (Celep ve Dirmenci, 2017).

Lamiaceae familyasına ait bitkiler, genellikle sık kümeler halinde çiçek açmaktadır. Basit, karşılıklı dizilmiş çapraz yapraklara sahiptir. Yağ açısından zengin bez tüyleriyle karakterize olan bu bitkilerin bazı türleri yaprak dökerken, bazıları ise kalıcı yaprak yapılıdır (Joma, 2018). Oldukça karmaşık olan *Lamiaceae* türleri, kimyasal bileşenler bakımından farklı gruplara ayrılabilir. Bir grup, esas olarak uçucu yağda bulunan

terpenoidleri içerirken, diğer grup daha çok polar fraksiyonlarda yer alan uçucu olmayan metabolitleri üretmekte olup zayıf uçucu özelliklere sahiptir (Frezza vd. 2019).

Uçucu yağlar açısından zengin olan *Lamiaceae* türleri, özellikle 10, 15, 20 karbon atomuna sahip olan monoterpenler, seskiterpenler ve diterpenler gibi uçucu bileşikler barındırmaktadır. Monoterpenler grubunda γ -terpinene, limonene, menthol, 1,8-cineole, β -pinene ve α -pinene, ana bileşikler arasında yer alırken (Hajhashemi vd. 2003; Bozin vd. 2006; Delamare vd. 2007; Carović-Stanko vd. 2010; Hussain vd. 2011), seskiterpen bileşenleri germacrene-D, caryophyllene ve spathulenol gibi maddelerden oluşmaktadır (Arrigoni-Blank vd. 2008). Ayrıca, *Lamiaceae* türlerinin uçucu yağları yağ asitleri de içerebilmektedir (Daferera vd. 2000; Taarit vd. 2010). Bu yağ asitleri serbest halde bulunabileceği gibi, digliserit ve trigliserit formunda da bir araya gelebilen, yapıları orta (C14-C16) ya da uzun zincirli (C18) yağ asitlerinden oluşabilmektedir (Frezza vd. 2019).

Lamiaceae familyası, ekonomik ve tıbbi bakımdan önemli birçok tür içermektedir (Harley vd. 2004). Bu familyanın üyeleri arasında bulunan kekik, adaçayı, fesleğen, nane, mercanköşk, biberiye, melisa en yaygın olarak kullanılan aromatik bitkilerdir (Bekut vd. 2018). *Lamiaceae* türleri, özellikle *Nepetoideae* alt familyasında yer alan bitkiler, antimikrobiyal, antifungal, antiviral, insektisidal, antiseptik, antiinflamatuvar, sitotoksik ve antitümör ajanlar olarak kullanılabilir (Taran vd. 2013; Venditti vd. 2017; Shahla, 2012). Bununla birlikte, geleneksel tıpta deri hastalıkları, romatizma, soğuk algınlığı, bronşit tedavisinde tercih edilmektedir (Alnamer vd. 2012; Sambath vd. 2015). Tüm bu özellikleri ve geniş kimyasal çeşitliliği, bu bitkilerin tıbbi ve ekonomik önemini artırmaktadır. Özellikle antimikrobiyal, antioksidan ve diğer farmakolojik etkilerinden dolayı modern tıpta ve gıda endüstrisinde kullanımı yaygındır (Bozdemir, 2019).

2.2 Kekik (*Thymus spp.*)

Kekik, Güney Avrupa kökenli olup Orta/Doğu Akdeniz havzası, Kafkaslar ve Balkanlara kadar yayılmaktadır (Zeybek ve Haksel, 2011). Antik Roma döneminde, kekik cesaret ve güç için kullanılmakta, veba döneminde ise salgından korunmak amacıyla tütsü olarak tercih edilmiştir (El-Midaoui, 2023). *Thymus* isminin, “temizlemek” veya “tütsülemek”

anlamına gelen Yunanca “thyo” kelimesinden türediği düşünülmektedir; aynı zamanda “iyileştirici, cesaret” anlamlarını taşıyan “thymon” kelimesi ile de ilişkilendirilmektedir. Türkçede tıbbi kekik, adi kekik, Akdeniz kekiği olarak adlandırılmaktadır (Ceylan, 1994a). Avrupa Farmakopesi, ESCOP (Avrupa Bilimsel Fitoterapi Kooperatifi) ve Pozitif Monograflarında drog olarak tanımlanmış bir tür olarak ihtiva edilen uçucu yağ miktarı minimum %1,2; thymol ve carvacrol oranı %40 olmalıdır. Özellikle dal uçları ve çiçekli toprak üstü kısımları ile drog olarak kullanılan bu türün Türkiye’de “Timo” ve “Winter” adında tescilli iki kekik çeşidi bulunmaktadır.

Kekik yaprak dökmeyen, çok yıllık ve küçük boyutlu bir çalı formundadır. Bitkinin odunumsu yapısı ve yarı çalimsı karakteri, dallarının yukarıya doğru dik bir biçimde gelişmesini ve oldukça dallanmış bir yapı sergilemesini sağlar. Tipik olarak 20-40 cm yüksekliğe ulaşabilen kekik bitkisi, üst kısımlarda gri renk tonlarına sahip olup kadifemsi tüylere (siliat yapılar) (Salehi vd. 2018); pembe ve beyaz renklerde küçük çiçeklere ve yoğun aromatik yapraklara sahiptir (Baytop, 2021). Kekik türlerinin çiçek yapısında hem kaliks hem de korolla yapıları bilabiat görünüm sergiler. Çiçekte dört adet stamen bulunur ve bu stamenlerin filamentleri uzun, birbirinden belirgin şekilde ayrılmış durumdadır. Yaprak yapısı ise lamina kısmının tabana doğru incilmesiyle karakterizedir (Tanker vd. 1998). Genel olarak kurak tepeler, kıraç araziler ve dağlık bölgelerde kümeler halinde yetişir (Baytop, 2021). Sıcak ve güneşli iklim koşullarını tercih eden, yoğun aromatik yapıya sahip bir bitki olarak ayrıca kayalık bölgeler, çayırılık alanlar ve orman kenarlarında sıkça rastlanır (Benli ve Yiğit Kayhan, 2005). Özellikle Türkiye’de çimenlik, tarla, dağ yamaçları gibi alanlarda yaygındır. Ancak toprak ve iklim koşulları, hasat zamanı, biçim yüksekliği ve sayısı, tür ve çeşit kekiğin verimini ve kalitesini etkilemektedir (Baydar, 2019). Dolayısıyla kekik üretimi, çevresel stres faktörleri karşısındaki hassasiyeti nedeniyle zorluk yaşamaktadır. Özellikle kuraklık, tarımsal verimliliği ve bitki kalitesini sınırlayan başlıca abiyotik stres kaynaklarından biridir. Kekik, doğal yaşam alanlarında hem biyotik (bitki patojenleri kaynaklı enfeksiyonlar ile bitki zararlısı böcekler) hem de abiyotik (aşırı UV ışınları, soğuk hava, toprak tuzluluğu, kuraklık, yüksek sıcaklık vd.) stres koşullarına maruz kalabilmektedir (Stevens vd. 2006). Bu tür stres faktörleri, kekiğin biyokimyasal bileşiminde ve uçucu yağ kalitesinde değişikliklere neden olarak, verimlilik ve pazar değerini olumsuz etkileyebilmektedir.

Kekik ayrıca keskin ve yoğun bir lezzet profiline sahiptir. Bitkinin içerdiği protein, yağ, ham lif, sodyum, fosfor gibi temel besin maddeleri ile A, B ve C vitaminlerine sahip olup, zengin bir içeriği vardır (Sanches-Silva vd. 2021). Timol (%20-%50) ve karvakrol ihtivasi söz konusudur (Baytop, 2021). *Origanum*, *Thymbra* ve *Satureja* türlerinde karvakrol etken maddesi daha fazla bulunurken, *Thymus* türlerinde timol ağırlıktadır.

Kekik üretiminde söz sahibi olan üretici ülkeler; Türkiye, Yunanistan, İtalya, İspanya ve Amerika Birleşik Devletleridir. Küresel ölçekte olan kekik talebinin üçte ikisini ise Türkiye karşılamaktadır. Ülkemizde kekik bitkisinin *Coridothymus Reichb. Fil.* (1 tür), *Thymbra L.* (4 takson), *Satureja L.* (16 takson), *Origanum L.* (31 Takson), *Thymus L.* (57 takson) cinsleri vardır (Yabalak ve Özbilen, 2022). Oysa küresel ölçekte mevcut *Thymus* cinsine ait tür sayısı dahi yalnızca 40'tır (Bozdemir, 2019). Ancak ihracatı yapılan kekik türüdür. Bunun nedeni ise, bu türün %90'ının yüksek kaliteye sahip olmasıdır (Söğütlü, 2023). Nitekim uçucu yağ üretimi ve en fazla ihracatı yapılan türler:

- *Origanum majorana* (Alanya kekiği, Beyaz kekik),
- *Origanum minutiflorum* (Toka kekiği, Yayla kekiği, Sütçüler kekiği),
- *Origanum onites* (İzmir kekiği, Bilyalı kekik)
- *Origanum syriacum var. bevanii* (Suriye kekiği, Dağ kekiği),
- *Origanum vulgare subsp. hirtum* (Kara kekik, İstanbul kekiği),

olarak bilinmektedir (Bozdemir, 2019; Anonim , 2020).

Bu nedenle ilerleyen bölümlerde *Origanum* türünden bahsedilmektedir.

2.2.1 *Origanum* cinsi (*Origanum vulgare*)

Origanum teriminin kökeni, “dağ” anlamına gelen “oros” ve “süs” anlamına gelen “ganos” kelimelerinden türemiş olup, bu da cinsin adının “dağların süsü” olarak yorumlanmasına yol açmaktadır (Sadıkoğlu, 2005). *Origanum* cinsi, genellikle çalimsı ,otsu yapıda olan çok yıllık bitkilerden oluşur ve tüylü, tüysüz cinsleri vardır. Bu bitkilerin

gövdesi genellikle dik ve yükselen bir yapıdadır ve sayıca fazladır. Yapraklar, sapsız veya hafif saplı; şekilleri ise kordat, oval, eliptik veya suborbiküler olarak değişiklik göstermektedir. Yaprak kenarları düz veya hafif dişli olabilirken, tepeleri obtus veya akuminattır.

Çiçekler, iki veya daha fazla sayıda çiçekli, spika benzeri başaklar halinde toplanmış olarak görülür; bu başaklar genellikle panikula veya yalancı korimbus biçimindedir. Brakteler, yapraklara göre genellikle farklılık gösterir ve çoğunlukla imbrikattır. *Origanum* çiçekleri, hermafrodit veya ginodioiktik özellikler taşıyabilir. Kaliks, aktinomorf ve 5 dişli ya da zigomorf 1-2 dudaklı yapıda olup, genellikle 10 veya 13 damar içerir; boğaz kısmı çoğunlukla tüylü ve halka şeklindedir. Korolla ise genellikle iki dudaklıdır ve mor, pembe veya beyaz renkte olabilir. Stamen sayısı 4 olup, alt çift daha uzundur ve filamentler tam olarak eşit değildir, ayrıca stamenler karşılıklı bir düzen sergiler (Davis, 1982).

Yetiştirme teknikleri ve ıslahına yönelik ilk araştırmalar 1972'de Ege Üniversitesi'nde başlatılmıştır (Ceylan vd. 1999). Geleneksel tıpta halk tarafından tercih edilmesi, bilim insanlarını *O. onites* L.'nin biyolojik aktiviteleri ve fitokimyasal özelliklerinin araştırılmasına yönlendirmiştir. Bu doğrultuda 1988 yılından itibaren birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Farmakolojik çalışmalar sonucunda *O. onites* L.'nin kolinesteraz inhibitörü, DNA sentezinin inhibisyonu, antidiyabetik, insektisidal, antifungal, sitotoksik, antibakteriyel, antiradikal, analjezik, antikanser, antimikrobiyal, antioksidan etkileri ile geniş bir terapötik aktivite gösterdiği saptanmıştır (Tepe vd. 2016). Aromatik özelliği nedeniyle *O. onites* L.'nin herbal kısımları genellikle baharat veya bitki çayı olarak kullanılmakta, kurutulmuş kısımları ise kekik suyu ve uçucu yağ eldesinde değerlendirilmektedir. Uçucu yağların lipofilik doğası, plazma membranını kolayca geçmelerini ve hücrel proteinler ile ya da intraorganellerle etkileşim kurabilmelerini sağladığı için ilaç geliştirme alanında önemli potansiyeldedir (Özkan vd. 2011).

O. onites L. deniz seviyesinden 1200-1400 metreye kadar yüksekliklerde yayılım göstermektedir. Türk kekiği olarak bilinmekte; Batı Anadolu, Güney Anadolu, Doğu Akdeniz'in %75'inde ve Yunanistan'ın güneyindeki adalarda doğal olarak bulunmaktadır

(Kaçar vd. 2006). Küresel ölçekte *O. onites* L.'nin 43 türü mevcutken, Türkiye'de 16'sı endemik özellikli 23 türü mevcuttur (Temel ve Tokur, 2014; Gürbüz vd. 2011). Bu durumda ülkede *Thymus* cinsi %52,6; *Origanum* cinsi %65,2 oranında endemiktir (Bağdat 2011).

2.2.2 Yetiştiriciliği ve üretimi

Türkiye, Asya, Avrupa ve Afrika'nın birleştiği "Dünya Adası" merkezinde bulunup kendine özgü biyolojik ve ekolojik çeşitliliğiyle ılıman iklim kuşağındaki diğer ülkelerden sıyrılmaktadır. Farklı topografik ve iklimsel özellikleri barındırarak Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa-Sibirya adını taşıyan bitki coğrafyaları bölgesinde yer almaktadır. Bu bölgeler içinde, Ege ve Marmara'yı kapsayan Akdeniz Bitki Coğrafyası öncelikli konumdadır. Özellikle yüksek rakımlarda (Toros Dağları, Tuz Gölü, Kuzey Geçit Bölgesi, Anti Toroslar, Kaz Dağları, Amanos Dağları, Doğu Anadolu'nun kuzey-güney kısımları), endemik bitki çeşitliliği oldukça fazladır (Tan, 2010). Bu ekosistemler içerisinde kekik, Lamiaceae familyasının önemli bir üyesi olarak dikkat çekmektedir (Karaca Öner, 2020).

Kekik Türkiye'de, Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nin bulunduğu iklim kuşağında (İzmir, Balıkesir, Muğla, Manisa, Denizli, Aydın, Uşak, Isparta ve Antalya) yayılım göstermektedir (Baytop, 2021). Soğuk ve kurak koşullara dayanıklı olup yükselti bakımından 0–1.400 m arasında çeşitli yüksekliklerde yetişebilmektedir. Farklı toprak türlerinde gelişim gösterebilse de en iyi büyüme performansını tınlı-killi, alüvyal ve su tutmayan, hafif eğimli ve iyi havalanabilen, 6-8 pH değeri olan topraklarda göstermektedir (Anonim, 2020). Sulu ve kuru tarım koşullarında yetiştirilse de Türkiye'de genellikle kuru tarım alanlarında tercih edilmektedir. Ancak bu uygulamalarda yıllık yağış miktarının özellikle bahar döneminde gerçekleşmesi ve en az 450 mm olması oldukça önemlidir (Anonim, 2022).

Kekik üretim sürecinin ilk yılında toprak hazırlığı ve dikim gibi aşamaları içeren bir tesis dönemi geçirmektedir. Bu dönem sonucunda, aynı yıl içerisinde verim elde edilmesi mümkündür. Kekik üretimi için seçilen arazide, fidelerin ekiminden önce yanmış hayvan gübresi ile toprak hazırlığı yapılmaktadır. Fidelerin ekimi, ilkbahar döneminde don riski

ortadan kalktıktan sonra, bölgesel farklılıklara bağlı olarak martın sonu ile mayısın ortası arasında yapılmaktadır. Kekik üretiminde her dekar için 8.000 ila 10.000 fide kullanılması önerilmektedir. Tarlaya dikim işlemi, tütün dikiminde kullanılan fide dikim makineleri veya elle gerçekleştirilebilmektedir. Ekim işleminden sonra bitkilere can suyu verilmesi tavsiye edilmektedir. Sulama, çapalama, ilaçlama ve gübreleme gibi bakım işlemleri büyük önem taşımaktadır. Üretim döneminde, her dekar için genellikle 4-5 kg saf fosfor ve 7-8 kg saf azot kullanılması önerilmektedir. Ayrıca belirli aralıklarla uygulanan mikro element içeren yaprak gübrelерinin, uçucu yağ kalitesi ve verimi üzerinde olumlu etkiler yarattığı bildirilmiştir. Sulama yapılan alanlarda, gübreleme sonrasında mutlaka su verilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Doğru bitki beslemesi için, makro-mikro besin elementlerini ihtiva eden toprak analizine dayanarak gübreleme yapılması, optimum verim elde edilmesine katkıda bulunacaktır (Anonim, 2020; Anonim, 2022).

Kuru tarım koşullarında, bitki gelişimi ilk yıl yavaş olup yabancı otlar ile mücadele ve bitki kök boğazının temiz tutulması amacıyla birkaç kez çapalama işlemi uygulanmalıdır. Sulama yapılan alanlarda, benzer çapalama teknikleri uygulanmakla birlikte, sulama sonrası yabancı otların yoğun çıkışı nedeniyle her sulama sonrasında bu otların kontrolü sağlanmalıdır. Kekik bitkisinde, önemli derecede sorun yaratan bilinen hastalık veya zararlılar bulunmamaktadır; bu nedenle, tarım ilaçlarının kullanılmaması önerilmektedir. Ancak geçirimsiz, su tutan, taban suyu yüksek topraklar, bitki kök bölgesinin yeterince havalanamamasına neden olarak kök çürüklüğü gibi toprak kaynaklı fungal hastalıklara yol açabilmektedir (Anonim, 2020; Anonim, 2022).

Kekik bitkisi hasadı, çiçeklenme sürecinin başlangıcı ile tam çiçeklenme döneminde gerçekleşmektedir. Yüksek uçucu yağ oranı ve yaprak verimi eldesi için, kekik plantasyonunun % 80 oranında çiçeklenmesi beklenmelidir. Hasat işlemi, bitkinin toprak yüzeyinin 10-15 cm yukarisından elle veya mekanik aletlerle gerçekleştirilir. Kekik üretiminde hasat sayısı, ekolojik koşullar, bakım şartları ve sulama olanaklarına bağlı olarak değişmekle birlikte, Ege Bölgesi'nde bir üretim sezonunda üçe kadar çıkabilmektedir. Toplanan kekikler, kurutma işlemine tabi tutulur. Ardından sap ve yaprakların ayrılması amacıyla yığılan kekikler, sopa yardımıyla dövülür. Elek kullanılarak sap ve yapraklar birbirinden ayrılır. Elde edilen ürün nemden uzak, ışık

almayan, serin bir ortamda çuvallanarak pazarlama aşamasına kadar saklanmalıdır. 4-5 birime 1 birim yaş kekikten kuru materyal elde edilebilmektedir. Toprak, iklim, kıraç koşullarında yükselti ve yön gibi faktörlere bağlı olarak verim 120-250 kg/da arasında değişiklik göstermektedir (Anonim, 2020; Anonim, 2022).

Kekik bitkisinin çeşitli yükseltelerde yetişme yeteneği, kurak iklim koşullarına gösterdiği uyum, iklim gereksinimleri ve tarımsal uygulamaların pratikliği önemlidir. 2021 yılı itibarıyla Türkiye’de kekik üretim alanı 199.573 dekar, üretim miktarı ise 21.174 ton olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2022a). 2004-2021 döneminde, üretim miktarı indeksi 302.49’a, kekik üretim alanı indeksi ise 380.14’e ulaşmıştır. Ancak aynı dönemde verim indeksi 79.57’ye gerileyerek dalgalanmalar göstermiştir. Özellikle 2007 ve 2021’de meydana gelen kuraklık koşulları, verim düşüşünü etkileyerek bu durumu belirgin kılmıştır (MGM, 2022).

2021 yılı itibarıyla Türkiye’de kekik üretim alanlarının büyük bir kısmını Denizli ili oluşturmuştur; bu oran %92.63’tür. Uşak ve Aydın illeri ise sırasıyla %3.35 ve %0.96’lık paylarla Denizli’nin ardından gelmektedir. Üretim miktarında da Denizli, %86.17 ile en yüksek paya sahipken, Uşak %5.71, Manisa ise %2.30 ile onu takip etmektedir. Ancak, Denizli ilinin geniş üretim alanına rağmen, birim alandan elde edilen verim ortalaması Türkiye genelinin ve diğer illerin altında kalmaktadır. Uşak ili, 180.99 kg/dekar ile en yüksek verim ortalamasına sahipken, Manisa ili 285.71 kg/dekar ile dikkat çekmektedir. Bu durum, Denizli’nin potansiyelini yeterince değerlendiremediğini göstermektedir (TÜİK, 2022a).

2.2.3 İthalat ve ihracatı

TAB’ın dünya genelindeki ekonomik değeri giderek artmasına rağmen, bu bitkilere dair istatistiksel sınıflandırma ve ekonomik göstergeler eksiktir (Tunca ve Yeşilyurt, 2017). Bunun başlıca nedenleri arasında bu bitkilerin parfüm, kozmetik, ilaç, kişisel bakım ürünleri, esanslar, şekerlemeler, alkollü içecekler ve bitkisel çaylar gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması yer almaktadır (Boztaş vd. 2021). Ayrıca bu bitkilerin çoğunun doğadan toplanması ve özel bir sınıflandırma sisteminin olmaması, ülkelerin

yeterli kayıt tutmasını zorlaştırmaktadır (Acıbuca ve Budak, 2018). Birleşmiş Milletler (BM) istatistikleri ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) istatistikleri TAB'ın tamamıyla ilgili veriler ve sınıflandırmalar sunamamaktadır. Kekik üretimini de kapsayan bu çeşitlilik, doğadan toplanma ve yetersiz kayıt, üretim ve ticaretin istatistiksel sınıflandırılmasını güçleştirmekte ve veri eksikliği yaratmaktadır (Bayram vd. 2010).

Konuya yönelik verilerin ana kaynağı, BM bünyesindeki Uluslararası Ticaret Merkezidir. Türkiye'de ise bu veriler, Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) sistemindedir. Her iki sistemde de TAB sınıflandırılmasında zorluklar yaşanmaktadır. Türk Gümrük Tarife Cetveli'nde bazı ürün gruplarına özel bir GTİP numarası verilmemekte, bu nedenle bu ürünler en yakın ürün grubuna dahil edilerek "diğerleri" olarak sınıflandırılmaktadır. Bu durum, bu bitkilerin toplam ticaretine dair net verilere ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Örneğin, SITC sınıflandırmasında kekik ve defne yaprağı gibi ürünler aynı sınıflandırma kodu altında değerlendirilmektedir. Bu sebeplerle, dünya genelinde kekik ticaretine ilişkin karşılaştırmalar yapabilen sağlıklı ve güvenilir istatistiksel verilere ulaşmak mümkün değildir (Acıbuca ve Budak, 2018).

Kekik dış ticareti, Türkiye'de üç ana sınıflandırmaya göre gerçekleşmektedir: işlenmemiş kekik (ezilmemiş-öğütülmemiş), işlenmiş kekik (ezilmiş-öğütülmüş) ve uçucu yağlar (kekik uçucu yağları). 2021 yılında Türkiye, bu üç grup için toplam 66.693.749 ABD \$ ihracat yaparken, 6.988.311 ABD\$ ithalat gerçekleştirmiştir (TÜİK, 2022b). Türkiye'de ihraç edilen kekik bitkisine yönelik istatistiksel veriler belirli GTİP numaralarıyla sınıflandırılmaktadır (TÜİK, 2021).

Çizelge 2.1 Kekik dış ticareti

	İşlenmemiş Kekik	İşlenmiş Kekik (ezilmiş veya öğütülmüş)	Kekik Yağı
İhracat	17.301.084 ABD \$	45.646.340 ABD \$	4.016.319 ABD \$
İthalat	6.843.190 ABD \$	47.756 ABD \$	97.352 ABD \$
Başlıca İhracatçılar	ABD, Brezilya, Hindistan	Ege Serbest Ticaret Bölgesi, ABD, Almanya	Peru, Macaristan, ABD
Başlıca İthalatçılar	Arnavutluk, Suriye, Meksika	Fransa, Fas, Almanya	Hindistan, İran, Almanya
GTİP	Yaban kekiği (<i>Thymus serpyllum</i>) 091099310000; diğer kekikler 091099330000	091099390000	330129419011

Ülkenin üretim miktarının %86.17'si; üretim alanlarının %92.63'ünden Denizli ili sorumludur. İldeki tarım arazisi toplam 376.738 hektar olup %4.91'i kekik üretimine ayrılmıştır. Bu, tarımsal üretim toplam değerinin %1.77'sidir. (TOB, 2022). Nitekim Denizli iline özgü “Babadağ Kekik Balı” ve “Denizli Kekığı” coğrafi işaretli ürünler bu durumu desteklemektedir (TPMK, 2022).

Kekik İhracatı: 2021'de kekik ihracatı üç ana kategoride gerçekleştirilmiştir: kekik ve kekikten elde edilen uçucu yağlar, ezilmiş-öğütülmüş, ezilmemiş-öğütülmemiş kekik. Her bir ürün grubu bazında ihracat rakamları ve ihracat yapılan ülkeler farklılık göstermektedir (TÜİK, 2022b).

Genel olarak Türkiye'nin 2021 yılı kekik ihracatı incelendiğinde, toplam değer açısından ABD ve Avrupa ülkeleri önemli pazarlardır. Aynı zamanda, Türkiye'nin kekik ihracat fiyatları, ülke gruplarına ve ürün türlerine göre ciddi farklılıklar göstermektedir. Özellikle Ege Serbest Ticaret Bölgesi'ne yapılan ezilmiş-öğütülmüş kekik ihracatının diğer ülkelere kıyasla daha yüksek birim fiyatla gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir. Son yıllarda Türkiye'nin kekik ihracatında artış eğilimi gözlemlenmiş olsa da 2020 yılında kekik yağında yaşanan önemli bir yükselişin ardından 2021 yılında ihracat değerinde düşüş yaşanmıştır. Bu durum, dünya pazarındaki dalgalanmalara ve talep değişimlerine bağlı olarak kekik ihracatında dönemsel değişimlerin olabileceğini göstermektedir.

Kekik İthalatı: Üç kategoride gerçekleşmekte olup her bir ürün grubu için ithalat rakamları ve ithalat yapılan ülkeler farklılık göstermektedir (TÜİK, 2022b).

- Ezilmemiş-öğütülmemiş kekik ithalatında, diğer dikkat çeken ithalat ülkeleri arasında Polonya, İran ve Yunanistan bulunmaktadır.
- Kekik yağı ithalatında; Kanada, Macaristan ve Almanya gibi diğer ülkelere yapılan ithalatlar da az miktarda olsa da birim fiyatları yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir.

Genel olarak Türkiye'nin kekik ithalatında ezilmemiş-öğütülmemiş kekik, miktar ve değer açısından en büyük payı oluştururken, ezilmiş-öğütülmüş kekik ve kekik yağı

ithalatı oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Türkiye, işlenmemiş kekik ithal edip işleyerek ihraç etme eğiliminde olduğu için ithalatının önemli bir kısmı ezilmemiş- öğütülmemiş kekikten oluşmaktadır. Kekik yağında ise ithalat birim fiyatlarının ülkelere göre çok ciddi farklılıklar göstermesi, ürün kalitesi ve pazarlama stratejilerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir.

2.2.4 Kullanım alanları

Kekik bitkisinin bileşenleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir (Daugan ve Abdullah, 2017; Sanches-Silva vd. 2021).

Çizelge 2.2 Kekik bitkisi fenolik bileşenleri biyolojik aktiviteleri

Fenolik Bileşenler	Biyolojik Aktiviteler
Apijenin	Anti-kanserojen, antiviral, anti-inflamatuar, antioksidan ve anti-ilerleme
Karvakrol	Asetil kolinesteraz inhibitörü, anti-inflamatuar, antimikrobiyal, antitrombotik
Linalol	Antioksidan, antiviral, anti-nosiseptif, anti-inflamatuar ve analjezik etki
Öjenol	Anti-anafilaktik, antibakteriyel, antikanser ve nöro-koruyucu etki
Rosmarinik asit	Anti-inflamatuar, anti-mutajen, sıkılaştırıcı, antioksidatif, anti-alerjik
Timol	Antifungal, antiseptik, antibakteriyel, antioksidan özellikler

Çizelge 2.3 Kekik bitkisi besin öğeleri

Mineraller	Vitaminler	Makro Besinler
Çinko: 1.81 mg	Vitamin A: 4751 IU	Karbonhidrat: 24.45 g
Demir: 17.45 mg	Vitamin C: 160.1 mg	Protein: 5.56 g
Kalsiyum: 405 mg	Niasin (B3): 1.824 mg	Toplam yağ: 1.68 g
Magnezyum: 160 mg	Pantotenik asit (B5): 0.409 mg	Diyet lifi: 14.0 g
Mangan: 1.719 mg	Piridoksin (B6): 0.348 mg	Enerji: 101 Kcal
Potasyum: 609 mg	Folatlar: 45 µg	Diğer Besin Öğeleri
Sodyum: 9 mg	Riboflavin (B2): 0.471 mg	Kolesterol: 0 mg
	Tiamin (B1): 0.48 mg	Karoten-β: 2851 µg

Vitamin ve mineral açısından zengin olup A, C ve B6 vitaminleri, selenyum, demir, potasyum, magnezyum, kalsiyum, manganez gibi önemli mineralleri içerir (Daugan ve Abdullah, 2017; Uğuz, 2017). Bu sayede kemik gelişimini destekleyerek kemik hastalıklarının riskini azaltır (Üstü ve Uğurlu, 2018). Ayrıca bu biyokimyasal zenginlik, mutfakta geniş kullanım alanı sağlamaktadır. Salatalarda, çorbalarda, et ve tavuk yemeklerinde, sebze yemeklerinde, turşularda, soslarda, alkolsüz içeceklerde, likörlerde ve özellikle Van otlu peynir gibi yöresel peynir çeşitlerinde aroma verici olarak kullanılmaktadır (Bozdemir, 2019). Uzun süreli tüketiminin toksik etkilere yol açmadığı da rapor edilmiştir (Özer, 2020).

Kekik, ana bileşenleri timol ve karvakrol (Sancaktaroğlu ve Bayram, 2011; Baydar, 2019) ile yüksek düzeyde uçucu yağ ihtivası kendine özgü koku oluşturmaktadır (Deveci vd. 2016). %20'den fazla fenolik madde ile timol ve karvakrol içerdiği tahmin edilen kekik uçucu yağları aynı zamanda flavonoid bileşikler, ursolik ve oleanolik asit olmak üzere triterpenik maddeler ihtiva etmektedir. Bu durum kekik bitkisine antimikrobiyal ve antioksidan özellikler sağlamaktadır (Deveci vd. 2016).

Kekik (*Origanum spp.*) yüzyıllardır yaygın olarak kullanılan otsu bir bitkidir (Aykaç vd. 2022). Genellikle taze veya kurutulmuş haliyle baharat olarak veya bitki çayı şeklinde tüketilmektedir (Erüyğur vd. 2017; Demirci vd. 2022). Koronavirüs gibi viral enfeksiyonları tedavi edici ve koruyucu potansiyele sahip olabileceği düşünülmektedir. İçerdiği timol, öjenol, karvakrol gibi fenolik bileşenler sayesinde güçlü antioksidan ve antimikrobiyal özellikler gösterir (Daugan ve Abdullah, 2017). Bu bileşenler, solunum yollarındaki iltihaplanmayı ve bronkospazmları azaltarak bronşit ve öksürük tedavisinde faydalı olabilmektedir. Ayrıca kekik yağının, interlökin-1 β (IL-1 β) ve IL-8 gibi enflamatuvar belirteçlerin seviyesini düşürerek solunum yolu hastalıklarında tedavi edici rol oynayabileceği bildirilmektedir (Sardari vd. 2021).

Kronik iltihaplanma ve enfeksiyonlara karşı koruyucu etki gösterdiği bildirilmiştir (Miraj ve Kiani, 2016). Yüksek antioksidan aktivitesi bağışıklık sistemini destekleyerek, virüslerin çoğalmasını engeller ve semptomların hafifletilmesine yardımcı olur. Timolün bu bağlamda bronkodilatör etkisi üst-alt solunum yolu enfeksiyonlarının tedavisinde

etkin bileşen olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Thompson vd. 2003). Özellikle gastrointestinal rahatsızlıklar, diyabet, hazımsızlık (Hosseinzadeh vd. 2015; 2018), bronşit, solunum yolu enfeksiyonları, soğuk algınlığı, grip, hipertansiyon ve taşikardi gibi semptomların hafifletilmesinde tercih edilmektedir.

Anadolu'da, kekik yağının şeker üzerine damlatılarak veya su ile seyreltilerek tüketilmesinin mide ve bağırsak hastalıklarında faydası olduğu belirtilmektedir (Özer, 2020). Kalp sağlığını koruyarak, kan basıncın düşürmeye ve kalbin düzgün çalışmasına katkı sağlamaktadır (Rizwan vd. 2020; Sardari vd. 2021). Kekik bitkisinin antioksidan ve antispazmodik özellikleri ise kas krampları ve premenstrüel sendromun hafifletilmesinde etkili bir alternatif tedavi yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Hosseinzadeh vd. 2018; Salmalian vd. 2014). Diüretik etkisi ile vücuttaki fazla tuz ve suyun atılımını sağlayarak toksinlerden arınmaya yardımcı olur. Bu özellik, kan basıncının düzenlenmesinde de önemli bir rol oynar (Akbar, 2020).

Sindirimi uyarıcı etkisinin yanı sıra kramp çözücü, dezenfektan ve balgam söktürücü özellikleri nedeniyle sıkça tercih edilmektedir (Benli ve Yiğit Kayhan, 2005). Solunum yolu hastalıklarının yanı sıra hipertansiyon ve yüksek kolesterolün tedavisinde destekleyicidir. Ağrı kesici, yatıştırıcı ve genel ağız antiseptiği gibi farmakolojik etkilere sahiptir (Tepe vd. 2016).

Antifungal özellikleri sayesinde sporcu ayağı gibi mantar enfeksiyonlarının tedavisinde de kullanılabilir (Segvić Klarić vd. 2007). Nitekim türün tıbbi kullanımı, Alman E Komisyonu ve ESCOP Monografında onaylanmış olup, üst solunum yolu hastalıklarında, ağız mukozası iltihaplanmalarında ve ağız kokusu tedavisinde önerilmektedir. Haricen ise, ağız çalkalama suyu, ağız yarası tedavisi ve romatizma ağrılarının giderilmesi amacıyla masaj yağı olarak da kullanılmaktadır (Zeybek ve Haksel, 2011).

Sürgün ve yapraklarından elde edilen; monoterpenler ve seskiterpenler gibi biyoaktif bileşen ihtivasi olan uçucu yağlar (Pirbalouti vd. 2014) ve temel bileşeni olan karvakrol, kanser tedavisinde potansiyel farmasötik ürün adayları olarak öne çıkmaktadır (Becer vd.

2022). Bu durum özellikle kolon ve meme kanseri gibi türlerin tedavisinde kullanılabilecek bileşenler içermesinden kaynaklanmaktadır (Sharifi-Rad vd. 2018).

Origanum cinsi bitkilerin antikanser etkileri, özellikle esansiyel yağ bileşenleri olan karvakrol ve timol üzerinden ortaya konmuştur. Çeşitli çalışmalarda, bu bileşenlerin kanser hücrelerinin proliferasyonunu baskıladığı, apoptozu (programlanmış hücre ölümü) indüklediği ve tümör büyümesini engellediği tespit edilmiştir. Örneğin, Zeytinoğlu vd. (2003) karvakrolün N-ras transformasyonuna uğramış hücrelerde DNA sentezini inhibe ettiğini, Koparal ve Zeytinoğlu (2003) ise A549 akciğer kanseri hücrelerinde hücre sayısını azalttığını göstermiştir. Özkan vd. (2011) OOEO ve ana bileşenleri karvakrol ile timolün hepatoma G2 (HepG2) hücrelerinde hücre canlılığı üzerindeki etkilerini incelemiş ve yüksek konsantrasyonlarda OOEO'nun kanser hücre canlılığını azalttığını, ancak karvakrol ve timol ile karşılaştırıldığında daha az sitotoksik olduğunu göstermiştir.

Bostancıoğlu vd. (2012), *Origanum onites*'in sıçan adipoz doku endotel hücreleri transformasyona uğramış sıçan fibroblast hücrelerinde (5RP7) tümör kitlesinde inhibisyonu ile, hücre migrasyonu ve apoptozu indüklemeye etkilerini araştırmış, OOEO'nun 5RP7 hücrelerinde canlılık, tüp oluşumu ve migrasyonu inhibe ettiğini bulmuştur. Spyridopoulou vd. (2019), OOEO'nun kolon kanseri hücrelerinde (HT-29), hepatoselüler karsinom (HepG2), meme kanseri (MCF-7), melanom (A375) etkilerini incelemiştir. OOEO'nun HT-29 hücrelerinin proliferasyonunu azalttığını, fare kolon kanseri modelinde ise %52 oranında tümör kütlesinde azalma sağladığını tespit etmiştir. Gündoğan vd. (2021) de yaptıkları çalışmada *Origanum onites* esansiyel yağının endotel hücre hattı HUVEC, pankreas kanseri hücre hattı MIA PaCa. Akciğer kanseri hücre hattı A549 üzerindeki antikanser etkilerini incelemiş ve bu yağın hücre proliferasyonunu baskıladığını ve apoptozu indüklediğini saptamıştır.

2.2.5 Kekik uçucu yağı

Uçucu yağlar bitkilerin farklı kısımlarından elde edilen, genellikle renksiz veya sarı renkte, güçlü aromalı ve oda sıcaklığında sıvı formda bulunan doğal bileşenlerdir. Hoş kokuları nedeniyle “esans” veya “eterik yağ” adıyla anılabilmektedir. Su ile

karışmadıklarından sabit yağlardan farklıdır (Kılıç, 2008). Büyük bölümü güvenli kabul edilir madde (GRAS) listesindedir. Özellikle kozmetik, gıda, ilaç sanayi, fitoterapi ve aromaterapi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Aziz vd. 20018). Bunun nedeni antimikrobiyal, antioksidan, antiseptik, karminatif özelliklere sahip olup ürünlerin korunmasında önem arz etmesidir (Saçıkara, 2023).

Aromatik bitkiler, özel salgı hücreleri aracılığıyla uçucu yağlar üretmektedir. Bu yağların sentezinde, güneşten gelen fotoelektromanyetik enerjinin glikozitlerin hidrolizi yoluyla biyokimyasal enerjiye dönüşmesi önemli bir rol oynamaktadır (Topuz ve Madanlar, 2006). Bitkinin salgı cepleri ve kanallarında bulunarak, bitki savunma mekanizmalarında kritik bir işlev üstlenmektedir. Genellikle 100-300 farklı molekül bileşeni içerebilen bu yağlar, bazı bileşenleri yüksek, diğerlerini ise eser miktarlarda bulundurabilmektedir. Uçucu yağlar, optik olarak aktif olup polarize ışığı çevirebilme kapasitesine sahiptir; bu özellik, saflıklarının belirlenmesinde bir kriter olarak kullanılabilir (Çelen, 2006). Ayrıca lipofilik ve hidrofobik özellikleri sayesinde organik çözücülerde çözünürler. Uçucu yağların kimyasal yapısı, içerdiği bileşenlerin sayısı ve çeşitliliği ile, ekstraksiyon yöntemlerine bağlı olarak değişmektedir. Elde edilen yağların kalitesi, miktarı ve bileşimi ise bitkinin yetişme koşullarına, yaşına, toprak yapısına ve iklim şartlarına bağlı olarak farklılık arz etmektedir (Angioni vd. 2006).

Uçucu yağlar, tıbbi bitkilerin önemli bir bileşenidir (Alzoreky ve Nakahara, 2003) ve ürünlere uygulandıklarında mikrobiyal gelişimi önemli ölçüde engelleyebilmektedir (Packiyasothy ve Kyle, 2002). Fenolik bileşikler ise antimikrobiyal aktivite göstergesidir (Dorman ve Deans, 2000). Özellikle vanilya, adaçayı, dağ kekiği, biberiye, kekik, karanfil gibi bitkilerin yağlarının gram pozitif bakterilere karşı güçlü inhibitör etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, citral ve sennamon gibi bileşikler gram pozitif ve negatif bakterilerde etkilidir (Skandamis vd. 2002). Bazı fenolik olmayan bileşiklerin de gram negatif bakteriler (Yin ve Cheng, 2003) ve funguslar üzerinde etkili olduğu da bildirilmektedir (Holley ve Patel, 2005). Kekik, özellikle İzmir Kekiki olarak bilinen türüyle ekonomik bir öneme sahiptir (Dundar vd. 2008; Torlak, 2009).

Artan uçucu yağ ilgisi bu yağların özellikle farmakoloji ve sağlık sektöründe uygulanabilirliğini artırmıştır. Özellikle toprak üstü bölümden elde edilen esansiyel yağlarda (OOEO) başlıca bileşenler; timol, karvakrol, α -terpineol, kamfen, β -pinen, β -karyofilen, α -tujen, borneol, linalool, α -pinen, β -bisabolen, p-simen, terpinen-4-ol, α -terpinen, γ -terpinen, karyofillen oksit ve limonen gibi çeşitli monoterpenler bulunmaktadır (Tepe vd. 2016; Özer, 2020).

Uçucu yağlar, süt ürünlerinde hem doğal koruyucu olarak hem de ürünlerin fonksiyonel ve duyuşal özelliklerini iyileştiren bileşenler olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. Farklı süt ürünlerinde esansiyel yağ kullanımı üzerine yapılan araştırmalar, bu yağların antimikrobiyal, antioksidan ve raf ömrü uzatıcı özelliklerini ortaya koymuştur (Mishra vd. 2020).

Pastörize krema üzerine yapılan bir çalışmada, Echinophora platyloba yağı (EEO) ve likopen kombinasyonunun mikrobiyal dayanıklılığı artırdığı, kimyasal stabiliteyi geliştirdiği ve raf ömrünü uzattığı görülmüştür. Özellikle düşük konsantrasyonlarda kullanılan bu kombinasyonlar, duyuşal açıdan daha fazla kabul görmüştür. Tereyağında kekik ve kimyon yağlarının oksidatif bozulmayı önlediği ve ürünün saklama süresince stabilitesini artırdığı belirtilmiştir (Ehsani,2016).

Uçucu yağların süt ürünlerinin bileşenleri (yağ, protein ve karbonhidrat) ile etkileşime girerek etkinliklerini kısmen kaybedebileceği raporlanmıştır. Bu nedenle, uçucu yağların mikroenkapsülasyon, yenilebilir kaplama veya diğer teknolojilerle uygulanması önerilmektedir. Duyusal özelliklerin bozulmasını önlemek için uçucu yağların optimum konsantrasyonlarının belirlenmesi önemlidir (Mishra vd. 2020).

Kekik uçucu yağı, cilt sorunlarına neden olan bakterileri yok ederek sağlıklı bir cilt bariyerinin sürdürülmesine yardımcı olur. Ayrıca olgun ciltlerde sıkılaştırıcı bir tonik olarak kullanıldığında cildin elastikiyetini artırabilir ve tüm cilt tipleri için faydalı bir bileşen olarak değerlendirilir (Basch vd. 2004). Akne tedavisi konusunda, kekik yağının güçlü antibakteriyel özellikleri, ciltte akneye sebep olan bakterilerin büyümesini engelleyerek akne oluşumunu önleyici etki göstermektedir. Bu nedenle kekik yağı, akne

karşıtı yüz temizleme ürünlerinde ve kremlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Mohammed vd. 2020). Saç büyümesini teşvik ettiği ve saç köklerini güçlendirdiği bilinmektedir. Saç derisine uygulandığında kan dolaşımını artırarak, saçın sağlıklı ve güçlü bir şekilde uzamasını destekler. Ayrıca kepek ve saç incilmesi gibi sorunlara karşı etkili olup, antibakteriyel ve antifungal özellikleri sayesinde saç derisini temizleyerek sağlıklı bir ortam sağlar (Abelan vd. 2022).

Kekik uçucu yağı, kekik bitkisinin (*Origanum spp.*) yaprak ve çiçeklerinden elde edilen yoğun aromatik özelliklere sahip doğal bir uçucu yağdır. Bu yağ, özellikle antiseptik, antimikrobiyal, antifungal ve antioksidan etkileri ile bilinmektedir. İçeriğindeki timol ve karvakrol gibi fenolik bileşenler, sağlığa faydalı özellikleri nedeniyle kekik yağının çeşitli alanlarda kullanılmasına olanak tanır. Kekik uçucu yağının başlıca bileşenleri arasında timol, karvakrol, α -terpineol, kamfen ve β -pinen bulunmaktadır. Bu bileşenler, yağın güçlü antimikrobiyal ve antiseptik etkilerini artırır. Antitrombotik ve antianflaktik özellikler de göstermektedir. Özellikle timol, mikroorganizmaların büyümesini inhibe etme yeteneği ile dikkat çeker, bu da onu gıda koruma ve sağlık uygulamalarında popüler hale getirir. Saç dökülmesi sorununa karşı fayda sağlayabileceği gibi, bronkoantispazmodik etkileri sayesinde solunum fonksiyonlarını destekler (Öner, 2023).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Kekik örnekleri

Çalışmamızda kullandığımız kekik bitkisi örnekleri Hatay, Bursa ve Ankara illerinden toplanan 3 farklı tür dağ kekiği cinsinden oluşmaktadır. Bu illerden toplanan kekik örnekleri ayıklanarak yaklaşık 22-23°C sıcaklıkta, 3-4 gün süreyle, ışık almayan, serin ve kuru bir ortamda kurutulmuştur. Kurutulan örneklerin dal, yaprak kısımları ayrılmış, havanda dövülerek toz formuna getirilmiş ve analiz süresine kadar oda sıcaklığında, kapalı ve karanlık bir ortamda bekletilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Kekik uçucu yağı eldesi

3.2.1.1 Solvent ekstraksiyonu ve yüksek vakum distilasyonu

Toz formuna getirilen kekik örneklerinden, yüksek vakum distilasyon yöntemi ile uçucu yağ elde edilmiştir. Her bir kekik örneği 30 g olacak şekilde 500 mL kapasiteli laboratuvar şişesine tartılmıştır ve içerisine internal standart 100 µL (2-methyl,3-heptanone ve 2-methyl pentanoic acid) eklenmiştir sonrasında, 500 mL dietileter katılarak 30 dk süreyle 500 rpm manyetik karıştırıcıda karıştırılarak ekstraksiyon işlemine başlanmıştır. Elde edilen sulu ekstrakt balon jojeye, süzümüştür. Aynı ekstraksiyon işlemi, internal standart eklenmeden, 250 mL dietileter kullanılarak iki kez daha tekrarlanmıştır. En son balon jojeye süzülen ekstrakt cam yünü ile süzülerek bir şişeye aktarılmıştır. Elde edilen ekstrakt, azot gazı altında, içindeki dietileter uçurularak en son hacmi 200 mL' ye düşürülmüştür. Ekstrakt kapaklı bir şişede +4°C 'de buzdolabında muhafaza edilmiştir (Kiper, 2015).

Elde edilen ekstraktın bulunduğu balon joje sıvı azot ile dondurulmuş ve içerisinde sıvı azot bulunan Dewar kabında 15-20 dakika daha bekletilip, sonrasında sisteme bağlanmıştır. Analiz boyunca, uçucu yağın toplandığı flask ile kontrol flaskının bulunduğu silindirlerin sıvı azot seviyeleri dengede tutulmuştur. Sistemde bulunan rötari ve difüzyon pompa sayesinde yüksek vakum sağlanmıştır. Dondurulan ekstrakt içeren balon joje su banyosuna alındıktan sonra, yaklaşık 1 saat sonra rötari pompa çalıştırılarak difüzyon pompa devreye sokulmuş ve sırasıyla 10^{-3} Torr ve 10^{-5} Torr vakum ile distilasyon işlemi devam etmiştir. Ekstraktın olduğu balon joje, yaklaşık 1 saat oda sıcaklığında su banyosunda 1-2 saat de 35°C 'deki su banyosunda bekletilmiştir. Distilasyon işlemi bu şekilde yaklaşık 3-4 saat sürmüştür. İşlem bittikten sonra, elde edilen distilatın olduğu flask bir miktar dietileterle yıkanarak 250 ml'lik bir şişeye alınmıştır. Elde edilen distilatın hacmi azot gazı altında yaklaşık 6-7 ml'e düşürülmüş ve sonraki analizler için buzdolabında $+4^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmıştır (Kiper, 2015).



Şekil 3.1 Yüksek vakum distilasyon

3.2.2 Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME)

Uçucu yağ distilat örneklerimizden, 20 mL kapasiteli viallere, 1 er mL olacak şekilde aktarıp içerisine $10\ \mu\text{L}$ internal standart (81 ppm 2-methyl 3-heptanone ve 2-methyl pentanoik asit) eklenmiş ve viallerin kapakları crimper ile kapatılmıştır. Vialler analiz süreci boyunca -20°C de muhafaza edilmiştir. Vialler, GC-MS cihazında analiz öncesi 45°C 'de, 30 dakika süre ile ısı bloğunda (Thermo scientific) ısıtılmıştır. Böylece örneğin uçucu bileşenlerinin tepe boşluğunda toplanması sağlanmıştır. Daha sonra ekstraksiyon

işlemi için SPME fiberi (50/30um DVB/CAR/PDMS (57348-U, Supelco, PA, USA) septum delinerek vialin tepe boşluğuna daldırılmıştır ve tekrar 45°C’de, 30 dakika bekletilerek örnek içerisindeki uçucu bileşenlerin fibere absorpsiyonu sağlanmıştır. İşlem sonunda fiber vialden çıkartılarak desorpsiyon için Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (GC-MS) cihazı enjeksiyon bloğuna yerleştirilmiştir.

3.2.3 Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) analizi

Kekik örneklerinden elde edilen ekstraktların uçucu aroma bileşenlerinin belirlenmesi için GC-MS (7890A-GC System, 5975C- VL MSD, Agilent, USA) kullanılmıştır. Uçucu bileşen analizi için GC/MS cihazı aşağıdaki koşullarda kullanılmıştır :

Kolon: DB-Wax (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm)

Enjeksiyon sıcaklığı: 230°C

Splitless Inlet

Dedektör sıcaklığı: 250°C

Scan mode: 35-500 m/z at 5.19 scans/s

Threshold: 150

Fırın sıcaklık Programı

Artış	Sıcaklık	Bekleme
	40°C	10 dk
5°C	110°C	-
10°C	240°C	-
	250°C	15 dk

Desorpsiyon aşaması için fiber, GC-MS cihazının enjeksiyon bölümüne yerleştirilmiştir. Yaklaşık 50 dakikalık analiz işlemine tabi tutulmuştur. MS Kütle spektrometresi ile, uçucu aroma bileşenlerine özgü spektrumlar, cihazda tanımlı Wiley, NIST, Flavor kütüphaneleri ile tanımlanmış ve bağlı miktarları oluşan pik alanlarının referans standart çözeltisinin miktarı ile orantılanması yolu ile ppm cinsinden belirlenmiştir.

3.2.4 Kekik uçucu bileşenlerinin toplam fenolik madde miktarı

Kekik uçucu yağları doğal fenolik bileşenlere sahiptir. Toplam fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu reaktif yöntemi kullanılarak kolorimetrik spektrofotometre ölçümü ile saptanmıştır. Elde edilen 100 µl hacimli ekstraktlara 1 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi (0,2 N), 2 mL %2'lik Na₂CO₃ çözeltisi ve 1,8 mL saf su ilave edilerek karıştırılmıştır. Karışım karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Spektrofotometrede (Lambda 25, PerkinElmer, USA) 735 nm' de absorbansları ölçülmüştür. Toplam fenolik madde miktarı, 5 mg/L (ppm) olarak hazırlanan ana stok gallik asit çözeltisinden 4, 3, 2, 1, 0.75, ve 0,5 0.25, 0.10, 0.05 mg/L konsantrasyonlarından oluşturulan kalibrasyon grafiği üzerinden (EK1) hesaplanmıştır. Değerler, gallik asit eşdeğeri olarak mg GAE/mL olarak verilmiştir (Thummajitsakul, 2023).

y= Her bir ekstrakt için hesaplanan ortalama absorbans değeri

x= Fenolik miktarının gallik asite karşı konsantrasyonu

$$y = 1.3356 x - 0.0413$$

$$x = \frac{y + 0.0413}{1.3356}$$

3.2.5 Kekik uçucu bileşenlerinin antioksidan aktivitesi (DPPH Yöntemi)

Kekik uçucu yağ örneklerinin antioksidan aktiviteleri DPPH (2,2-difenil-1-pikril-hidrazil) yöntemi ile belirlenmiştir (Tawata vd. 2018). DPPH stok çözeltisi için 0.1 mM DPPH hazırlanmış, (MeOH içerisinde) 4 °C'de buzdolabında saklanmıştır. Etanol içerisinde 10 mM ana Trolox standart stok çözeltisi hazırlanmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi, bu trolox çözeltisinin 5.00, 2.50, 1.00, 0.50, 0.25, 0.10, ve 0.05 mM konsantrasyonlarından oluşturulan absorbans-konsantrasyon grafiği (Ek 2) ile hesaplanmıştır. Örnek ekstraktından 0.1 mL alınmış, 2 mL DPPH çözeltisi ilave edilerek vortexle karıştırılmış ve sonrasında karanlık ortamda 30 dakika 4 °C 'de bekletilmiştir. Daha sonra spektrofotometrede (Lambda 25, Perkin Elmer, USA) 517 nm'de absorbans

ölçümleri yapılmıştır. Blank, 100 µl saf su üzerine 2 mL DPPH ilave edilerek oluşturulmuştur. Tüm analizler 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{[A \text{ blank} - A \text{ örnek}]}{A \text{ blank}} * 100$$

A blank = kontrol grubunun absorbansı,

A örnek = kullanılan örneğin absorbansı

Her bir ekstrakt örneği için inhibisyon yüzdesi değerleri trolox standardıyla karşılaştırılmıştır. Kullandığımız formül, antioksidan aktivitesini hesaplamak için kullanılan trolox standart eğrisinden (EK 2) elde edilmiştir. Antioksidan aktivite değerleri mM TEAC cinsinden hesaplanarak belirlenmiştir.

y= Her bir ekstrakt için hesaplanan % inhibisyon değeri

x=Trolox standardına karşı hesaplanan antioksidan konsantrasyonu (mM TEAC/ mL)

$$y = 17,465x + 0,2188$$

$$x = \frac{y-0,2188}{17,465}$$

3.2.6 Kekik uçucu bileşenlerinin antimikrobiyal aktivitesi

Kekik uçucu yağ örneklerinin antimikrobiyal aktiviteleri agar kuyu difüzyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. (Shree, 2019). Analizde, *S. aureus* (ATCC 25923), *E. coli* (ATCC 25922), *B. cereus* (ATCC 14579), *S. enterocolitica* (ATCC 14028) kullanılmıştır. Analizde, -80°C'de tutulan patojen bakteri stok kültürleri kullanılmıştır. Her bir patojen stok kültüründen 100 µL alınarak, 5 ml BHI besiyerinde aktive edilmiş ve 18 saat, 37°C'de inkübasyona tabi edilmiş ve her biri standart olarak 10⁶ log kob/mL düzeyine seyreltilmiştir. BHIA içeren petri kaplarında steril cork-borer ile kuyucuklar oluşturulmuş ve seyreltilmiş her bir patojen solüsyonu yayma plak yöntemi ile agar yüzeyine yayılmıştır. Her bir kuyucuğa elde edilen uçucu yağ ekstraktlarından 55 µL doldurulmuş ve petri kapları 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Antimikrobiyal aktivite, her

bir kuyucuğun etrafında oluşan presipitasyon zon çapları ölçülerek (mm cinsinden) belirlenmiştir. Negatif kontrol olarak steril saf su kullanılmıştır.

3.2.7 İstatistiki analizler

Çalışmanın istatistiksel analizleri Minitab 16 programında gerçekleştirilmiştir. Elde ettiğimiz veriler one-way ANOVA ile varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli farkların ($P < 0.05$) belirlenmesi amacıyla TUKEY oklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Tüm alışma iki tekrarlı olarak yürütülmüştür.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Kekik Uçucu Yağ Bileşenleri

Kekik uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesinde elde edilen SPME/GC-MS sonuçları Çizelge 4.1’de verilmektedir. Analiz edilen bileşikler, terpenler, asitler, alkoller, ketonlar, aldehitler, esterler ve fenoller olarak yedi farklı kimyasal grupta sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.1 Kekik uçucu yağ örneklerinin asit kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹

Asitler	CAS²	RI³	RI_{Lit}⁴		Miktar (mg/kg)		Belirleme yöntemi⁵
			Hatay	Ankara	Bursa	Ankara	
Acetic acid	64-19-7	1404	1410	953.5±4.6	261.4±4.3	173.3±11.1	MS, RI, Lit

¹⁾ Tekerrür sayısı

²⁾ Chemical Abstract Society Registry Number

³⁾ Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

⁴⁾ PubChem de verilen alikonma indeksi

⁵⁾ MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

Çizelge 4.2 Kekik uçucu yağ örneklerinin ester kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹

Esterler	CAS²	RI³	RI_{Lit}⁴		Miktar (mg/kg)		Belirleme yöntemi⁵
			Hatay	Ankara	Bursa	Ankara	
Formic acid, ethylester	109-94-4	760	820	604.5±4.7	169±1.2	TE ⁶	MS, RI, Lit
Ethylacetate	141-78-6	763	885	5462.8±54.4	2989.1±13.4	567.1±11.9	MS, RI, Lit
Methylbenzoate	93-58-3	1624	1628	TE	118.4±6.5	48.7±0.4	MS, RI, Lit
Methylsalicylate	119-36-8	1730	1739	26.2±3.4	TE	TE	MS, RI, Lit

¹⁾ Tekerrür sayısı

²⁾ Chemical Abstract Society Registry Number

³⁾ Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

⁴⁾ PubChem de verilen alikonma indeksi

⁵⁾ MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

⁶⁾ Tespit edilemedi

Çizelge 4.3 Kekik uçucu yağ örneklerinin alkol kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹

Alkoller	CAS²	RI³	RI_{Lit}⁴	Miktar (mg/kg)		Belirleme yöntemi⁵
				Hatay	Ankara	
Ethylalcohol	64-17-5	921	919	710.2±5.8	125.9±0	MS, RI, Lit
3-Octanol	589-98-0	1312	1390	142.93.4	21.5±1.4	MS, RI, Lit
1-octen-3-ol	3391-86-4	1421	1430	286.7±7.2	76.4±2.9	MS, RI, Lit
2,3-Butanediol	513-85-9	1533	1545	839.5±9.5	44.5±5	MS, RI, Lit
Benzylalcohol	100-51-6	1771	1822	19.8±0	TE	MS, RI, Lit

1) Tekerrür sayısı

2) Chemical Abstract Society Registry Number

3) Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

4) PubChem de verilen alikonma indeksi

5) MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

6) Tespit edilemedi

Çizelge 4.4 Kekik uçucu yağ örneklerinin keton kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹

Ketonlar	CAS²	RI³	RI_{Lit}⁴	Miktar (mg/kg)		Belirleme yöntemi⁵
				Hatay	Ankara	
Acetophenone	98-86-2	1630	1634	28962±3.8	12917±65.2	MS, RI, Lit

1) Tekerrür sayısı

2) Chemical Abstract Society Registry Number

3) Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

4) PubChem de verilen alikonma indeksi

5) MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

6) Tespit edilemedi

Çizelge 4.5 Kekik uçucu yağ örneklerinin aldehit kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹

Aldehitler	CAS²	RI³	RI_{Lit}⁴	Miktar (mg/kg)		Belirleme yöntemi⁵
				Hatay	Ankara	
Octadecanal	638-66-4	2365	2380	TE ⁶	39.5±0	MS, RI, Lit
Benzaldehide, 3-methoxy	591-31-1	1190	1194	9252.7±125.2	8407.6±112	MS, RI, Lit
Benzaldehide	100-52-7	1506	1520	34.7±3.1	TE	MS, RI, Lit
Cuminaldehide	122-03-2	1732	1747	TE	33.4±2.3	MS, RI, Lit

1) Tekerrür sayısı

2) Chemical Abstract Society Registry Number

3) Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

4) PubChem de verilen alikonma indeksi

5) MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

6) Tespit edilemedi

Çizelge 4.6 Kekik uçucu yağ örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹

Fenoller	CAS²	RI³	RI_{Lit}⁴	Miktar (mg/kg)		Belirleme yöntemi⁵
				Hatay	Ankara	
2-Allyl-4-methylphenol	6628-06-4	1196	1198	6385.8±28.2	TE ⁶	MS, RI, Lit
Phenol	108-95-2	2020	2039	49.3±0	88.2±2.1	MS, RI, Lit
<i>p</i> -Cresol	106-44-5	2066	2070	19.8±0	19.8±0	MS, RI, Lit

1) Tekerrür sayısı

2) Chemical Abstract Society Registry Number

3) Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

4) PubChem de verilen alikonma indeksi

5) MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

6) Tespit edilemedi

Çizelge 4.7 Kekik uçucu yağ örneklerinin terpen kompozisyonu (n=2)¹

Terpenler	CAS ²	RF ³	RI _{Lit} ⁴	Miktar (mg/kg)			Belirleme yöntemi ⁵
				Hatay	Bursa	Ankara	
α -Pinen	80-56-8	990	1000	672.6±16.01	1869.5±15.6	2038.7±78	MS, RI, Lit
Tricyclene	508-32-7	995	1013	TE ⁵	465.4±3.5	TE	MS, RI, Lit
3-Thujene	2867-05-2	997	1007	2329.1±52	283.1±24	1988.6±37	MS, RI, Lit
Camphene	79-92-5	1046	1048	329.2±35	252.0±24	350.9±22.7	MS, RI, Lit
β -Pinen	127-91-3	1100	1086	623.3±16.3	539.0±17.2	955.4±26.8	MS, RI, Lit
Sabinene	3387-41-5	1109	1113	1738.0±71.2	391±10.3	650.3±38.2	MS, RI, Lit
<i>p</i> -Menth-1-ene	1195-31-9	1120	1146	26.3±4.7	TE	36.3±4.6	MS, RI, Lit
2-Carene	554-61-0	1130	1140	19.8±0	19.8±0	82.9±12.7	MS, RI, Lit
δ -3-Carene	13466-78-9	1140	1197	1527.8±0.5	106.1±1.42	105.6±4.5	MS, RI, Lit
Myrcene	123-35-3	1142	1149	4585.1±72.1	3039.2±48.3	3137.4±68.0	MS, RI, Lit
4-Thujene	3917-48-4	1144	1173	1610.0±23.2	TE	TE	MS, RI, Lit
α -Terpinene	99-86-5	1158	1160	4770.2±72.1	9618±110.0	9777.2±78.0	MS, RI, Lit
Limonene	138-86-3	1163	1173	TE	TE	1664.7±8.6	MS, RI, Lit
α -Phellandrene	99-83-2	1181	1180	528.1±31.9	636.8±17.3	718.6±22.2	MS, RI, Lit
Terpinylacetate	80-26-2	1182	1687	232.2±34.4	474.1±2.3	TE	MS, RI, Lit
1,8-Cineole (Eucalyptol)	470-82-6	1203	1208	34773.0±110.2	22321.0±15.1	28878.0±0	MS, RI, Lit
<i>p</i> -Cymene	99-87-6	1229	1234	TE	TE	1955±130.8	MS, RI, Lit
β -Ocimene	502-99-8	1240	1247	TE	TE	79.9±0.4	MS, RI, Lit

1) Tekerrür sayısı

2) Chemical Abstract Society Registry Number

3) Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

4) PubChem de verilen alikonma indeksi

5) MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

6) Tespit edilemedi

Çizelge 4.7 Kekik uçucu yağ örneklerinin terpen kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹ (Devam)

<i>Terpenler</i>	CAS ²	R ³	R _{Lit} ⁴	Miktar (mg/kg)			Beirleme yöntemi ⁵
				Hatay	Bursa	Ankara	
Terpinolene	586-62-9	1239	1257	9173.8±58.0	9173.8±58.0	7412.8±62.1	MS, RI, Lit
γ-Terpinene	99-85-4	1240	1255	2447.2±148.0	2447.2±148.0	1943.1±69.0	MS, RI, Lit
Cymene	99-87-6	1280	1285	TE ⁶	29.63±0	TE	MS, RI, Lit
Alloocimene	673-84-7	1360	1371	TE	113.3±4.9	143.7±14.9	MS, RI, Lit
1,5,8-p-menthatriene	18368-95-1	1380	1387	TE	19.878±1.2	TE	MS, RI, Lit
Cymenene	1195-32-0	1409	1410	TE	TE	29.7±6.8	MS, RI, Lit
4-Thujanol	523-13-5	1444	1450	316.0±32.0	227.5±27.1	128.2±13.4	MS, RI, Lit
Bicycloelemene	32531-56-9	1465	1470	19.9±0	19.9±0	TE	MS, RI, Lit
Copaene	3856-25-5	1481	1488	19.9±0	TE	TE	MS, RI, Lit
c-Limoneneoxide	13837-75-7	1500	1458	302.3±3.9	770.4±3.4	TE	MS, RI, Lit
α-Gurjunene	487-40-9	1527	1530	19.9±0	TE	TE	MS, RI, Lit
Linalool	78-70-6	1536	1540	118.94.6	19.78±0	189.88±0	MS, RI, Lit
α-Bergamotene	13474-59-4	1545	1552	39.5±0	43.9±3.4	19.9±0.5	MS, RI, Lit
β-Caryophyllene	87-44-5	1616	1620	2998.4±44.4	755.1±9.7	316.6±10.4	MS, RI, Lit

¹ Tekerrür sayısı

² Chemical Abstract Society Registry Number

³ Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

⁴ PubChem de verilen alikonma indeksi

⁵ MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

⁶ Tespit edilemedi

Çizelge 4.7 Kekik uçucu yağ örneklerinin terpen kompozisyonu (mg/kg) (n=2)¹ (Devam)

<i>Terpenler</i>	Miktar (mg/kg)				Belirleme yöntemi ⁵		
	CAS ²	RI ³	RI _{Lit} ⁴	Hata			
Valencene	4630-07-3	1622	1713	133.5±4.8	76.9±4.21	TE ⁶	MS, RI, Lit
Atromandrenene	489-39-4	1623	1630	152.4±3.92	19.75±0	19.9±0	MS, RI, Lit
<i>t</i> -Dihydrocarvone	5948-04-9	1634	1552	123.8±6.9	128.9±7.9	54.5±5.1	MS, RI, Lit
<i>c, β</i> -Farnesene	28973-97-9	1664	1670	TE	19.9±1.1	TE	MS, RI, Lit
<i>α</i> -Humulene	6753-98-6	1674	1680	83.8±4.1	24.8±4.9	19.9±0	MS, RI, Lit
<i>α</i> -Terpineol	98-55-5	1693	1690	49.4±9.86	72±8.17	27.2±4.9	MS, RI, Lit
Isoborneol	124-76-5	1698	1660	108.7±0.5	157.9±0	37.2±4.3	MS, RI, Lit
Dihydrocarvylacetate	20777-49-5	1708	1700	39.9±0	TE	TE	MS, RI, Lit
Carvone	6485-40-1	1715	1720	93.5±4.5	39.9±0	39.8±0	MS, RI, Lit
<i>δ</i> -Cadinene	483-76-1	1724	1749	99.8±1.2	TE	TE	MS, RI, Lit
Ascaridol	512-85-6	1769	1880	59.5±0	151±2.1	TE	MS, RI, Lit
2-Caren-4-ol	6617-35-2	1800	1816	29.6±0	TE	TE	MS, RI, Lit
<i>β</i> -Bisabolone	495-61-4	2020	2036	39.9±0	544.3±8.8	200.0±2.8	MS, RI, Lit
<i>p</i> -Cymen-7-ol	536-60-7	2080	2086	37.3±8.8	19.8±0	19.8±0	MS, RI, Lit
Carvacrol	499-75-2	2118	2183	4990.0±32.2	3549.6±21.3	5883.2±6.7	MS, RI, Lit
Thymol	76-61-9	2123	2139	5903.8±21.1	3859.2±43.8	3872.3±47.3	MS, RI, Lit

¹ Tekerrür sayısı

² Chemical Abstract Society Registry Number

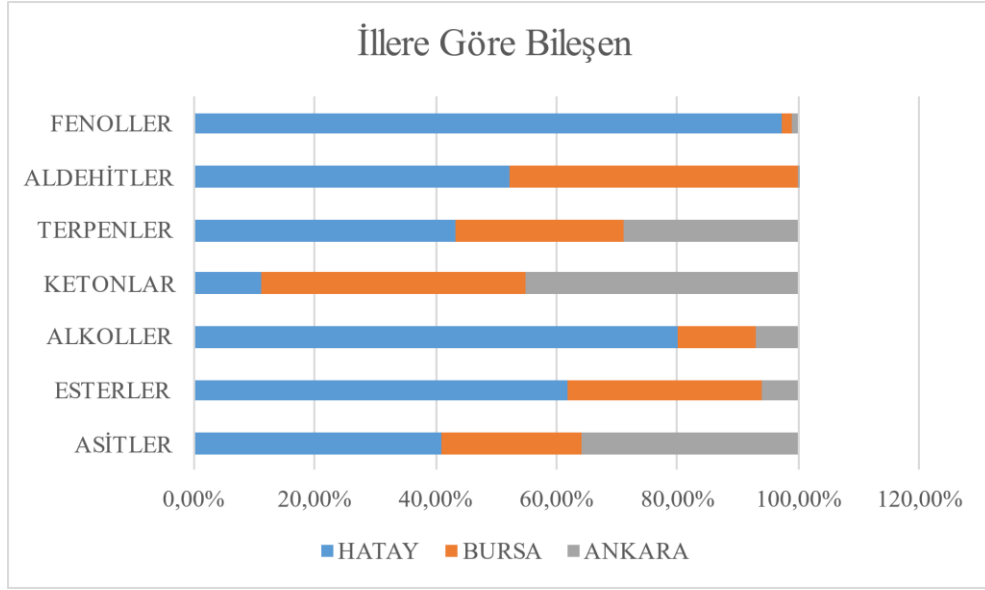
³ Araştırmada elde edilen alikonma indeksi

⁴ PubChem de verilen alikonma indeksi

⁵ MS, Mass spektrometre; RI, Alikonma indeksi, Lit, Literatür.

⁶ Tespit edilemedi

Kekik uçucu yağ örneklerimizde yaklaşık olarak 66 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Kekik uçucu yağ örneklerinin bileşen miktarları görüldüğü üzere bölgesel farklılıklar göstermektedir. Uçucu bileşen miktar tespitindeki farklılıkların kekiklerin yetiştirildiği coğrafyanın ekolojik, jeolojik ve iklimsel özelliklerinden ileri geldiği söylenebilmektedir (Kaytanlıoğlu vd. 2022). Bu farklılıkları şu şekilde özetlemek mümkündür.



Şekil 4.1 Kekik uçucu yağ örneklerinin illere göre bileşen oranları (%)

- Hatay örneğini oluşturan bileşenlerin %65.25'si terpenler, %7.22'u aldehitler, %4.80'ü fenoller, %8.48'si esterler, %2.38'i asitler, %2.11'si alkoller, %9.78'ü ketonlardır.
- Bursa örneğini oluşturan bileşenler %64.20'i terpenlerden, %10.11'i aldehitlerden, %16.16'i ketonlardan, %6.00'i esterlerden, %2.85'ü asitlerden, %0.51'u alkollerden ve %0.17'si fenollerden oluşmaktadır.
- Ankara örneğinde ise bileşenlerin %73.88 si terpenlerden, %19.23'ü ketonlardan, %4.12'si asitlerden, %2.23'i esterlerden, %0.32'ü alkollerden, %0.15'i fenollerden ve %0.07'si aldehitlerden oluşmaktadır.
- Hatay, Bursa ve Ankara örneklerinin bileşen dağılımlarına bakıldığında, terpenlerin her üç şehirde de en yüksek oranı oluşturduğu görülmektedir. Hatay'da %65.25, Bursa'da %64.20 ve Ankara'da %73.88 ile terpenler, bu şehirlerdeki en baskın bileşen grubudur. Ankara'nın terpen oranı diğer iki şehirden belirgin bir

şekilde daha yüksektir. Bu durum, Ankara’da terpen zenginliğinin daha fazla olduğunu veya bu gruptaki bileşenlerin burada yoğunlaştığını düşündürmektedir. Bu farklılığın Ankaranın yükselti farkından kaynaklandığı düşünülebilmektedir.

Güzel (2019) yaptığı bir çalışmada, farklı rakımlardan (0, 400, 800 ve 1200 m) toplanan kızılçam bitkisi örneklerinin terpen analizleri yapılarak yüksekliğe bağlı olarak terpen bileşen profillerindeki varyasyonu belirtilmiştir. Bileşenler her rakımda farklı konsantrasyonlarda bulunmuştur, belirli yükseltilerde gözlenmeyen bileşenler tespit edilmiştir. Terpen bileşenlerinden, yükseltiye bağlı olarak; 3-carene, trans- β -ocimene, caryophyllene oxide, bornyl acetate gibi bileşenlerin miktarlarında istatistiksel anlamda farklar gözlemlenmiştir. Terpenlerin bitkilerin fizyolojik gelişimlerine etki ettiğini, abiyotik ve biyotik stres parametrelerine karşı, dayanıklılık sağladığı belirtilmiştir.

Farklı bölgelerde yetişen *Pinus sylvestris* türünün genetik özelliklerinin terpen bileşenlerinin üretiminde etkili olduğu vurgulanmıştır. Türün bulunduğu bölgenin düşük rakımda olması bileşen miktarını etki edebilmekte ve yüksek rakımlarda bitki türünün genetik varlığı daha etkin şekilde görülebildiği için (antropojenik etki azaldığı için), buna bağlı olarak bileşen artışı görülebilmektedir (Semiz vd. 2007). Yapılan bir çalışmada, yükseltinin artmasıyla gerçekleşebilen; bitkilerin toprağa tutunma zorluğu ve zararlı etkilerle baş edebilmek için, uçucu yağ terpenik maddesi olan linalyl acetate bileşenin anti-enflamatuar etkisinden yararlandığı belirtilmiştir. Yükselti arttıkça bu bileşenin arttığı gözlenmiştir (Peana vd. 2002). Monoterpen bileşenlerinin yüksek ısı stresine tolerans sağladığı, bazı bileşenlerin enzimler tarafından kontrol edildiği belirtilmiştir. Bu nedenle sıcaklıkla birlikte artış gösterebilmektedirler (Loreto vd.1998).

Aldehitler açısından Bursa, diğer iki şehirle kıyaslandığında %10.11 ile en yüksek orana sahiptir. Hatay’da aldehitler %7,22 oranında yer alırken, Ankara’da bu oran oldukça düşüktür (%0.07). Bu, Bursa’nın aldehit bileşenleri açısından daha zengin bir içeriğe sahip olduğunu gösterir. Ketonlar, Ankara’da (%19.23) ve Bursa’da (%16.16) önemli bir yere sahipken, Hatay’da (%9.78) daha düşük bir oranda bulunmuştur. Ankara’nın keton bileşenler açısından zenginliği dikkat çekmektedir.

Esterler için her üç şehirde de benzer oranlar gözlenmiştir: Hatay'da %8.48, Bursa'da %6.00 ve Ankara'da %2.23. Ancak Ankara'daki oran diğer şehirlere kıyasla oldukça düşüktür, bu da esterlerin burada daha az yaygın olduğunu göstermektedir. Asitler açısından, oranlar Hatay'da (%2.38) ve Bursa'da (%2.85) birbirine yakınken, Ankara'da %4.12 ile biraz daha yüksektir. Bu, asit içeriklerinin Ankara'da daha yoğun olabileceğini düşündürür. Alkoller, tüm şehirlerde en düşük oranlardan birine sahiptir. Hatay'da %2.11 Bursa 'da %0.51 ve Ankara 'da %0.32 oranında bulunmuştur. Bu, alkollerin bu üç şehirde de nispeten düşük bir katkı sağladığını ortaya koyar. Fenoller, Hatay'da %4.80 ile Bursa %0.17 ve Ankara %0.15 oranlarına kıyasla oldukça yüksek bir orana sahiptir. Bu durum, Hatay'ın fenolik bileşenler açısından zengin bir yapıya sahip olduğunu düşündürmektedir.

Hatay örneğinde;

- alkol bileşenlerinin % 35.53'i ethylalcohol 'den, %7.15'i 3-octanolden, %14.34'si 1-octen-3-ol'den, %41.99'ü 2,3-butanediol'den ve %0.99'i benzylalcohol'den oluşmaktadır.
- keton bileşenlerinin %100'ü acetophenone,
- asit bileşenlerinin %100'ü acetic acid,
- aldehit bileşenlerinin % 99.307'u benzaldehyde,3-methoxy %0.373'ü benzaldehydeden,
- fenol bileşenlerinin %0.76'ü phenolden, %0.31'si p-cresol'den ve %98.93'u 2-allyl-4-methylphenolden oluşmaktadır.

Bursa örneğinde;

- alkol bileşenlerinin %55.93'ü ethylalcohol, %6.65'ü 3-octanolden, %23.64'i 1-octen-3-ol'den ve %13.78'i 2,3-butanediol'den oluşmaktadır.
- keton bileşenlerinin %100'ü acetophenone'den,
- asit bileşenlerinin %100'ü acetic acid,
- fenol bileşenlerinin %81.65'si phenol'den, %18.35'ü p-cresolden oluşmaktadır.
- aldehit bileşenlerinin %0.47'si oktadecanal'dan, %0.39'ü cuuminaldehyde ve %99.14'ü benzaldehyde 3-methoxy'den oluşmaktadır.

Ankara örneğinde;

- alkol bileşenlerinin %25.78'u ethylalcohol'den, %12.27'ü 3-octanolden, %50.80'u 1-octen-3-ol'den ve %11.149'u benzylalcohol'den oluşmaktadır.
- keton bileşenlerinin %100'ü acetophenone,
- asit bileşenlerinin %100'ü acetic acid,
- aldehit bileşenlerinin %100'ü benzaldehyde'ten oluşmaktadır.
- fenol bileşenlerinin %75.02'si phenolden ve %24.98'i p-cresolden oluşmaktadır.

Hatay, Bursa ve Ankara uçucu yağ örneklerinde terpen majör bileşenlerden en çok bulunan 1,8-Cineole (Eucalyptol) 'dir ve sırasıyla %40.5, %31.8 ve %38.3 oranlarında bulunmuştur. Bursa ve Hatay örneklerinde Thymol %9.1 ve %8.9 bulunurken Ankara örneğinde de %8.8 bulunmuştur. Hatay örneğinde Cavracrol %7.6, Bursada %8.3 ve en yüksek Cavracrol değeri Ankara kekiğinde %13.4'dir. Hatay kekiğinde majör bileşenlerden gamma-Terpinene %8.15 oranıyla diğer il örneklerinden yüksek çıkmıştır.

Bursa ve Ankara örneklerinde terpen bileşenlerinden majör olarak alpha-terpinene %14.6 ve %14.3 oranlarında bulunmuştur. Hatay örneğinde %7.2 oranında bulunmuştur. Yine Bursa ve Ankara kekiklerinde yüksek çıkan terpinolene değerleri %11.6 ve %13.9 iken, Hatay kekiğinde %7.5 çıkmıştır.

Bursa ve Ankara kekiklerinde alpha-pinene yüksek değerlere sahipken Hatay örneğinde düşük seviyede kalmıştır. Majör bileşenlerden olan myrcene ise 3 ilde yaklaşık aynı oranlarda çıkmıştır (EK 3).

Hatay uçucu yağ örneği 1,8-Cineole (Eucalyptol), Gamma terpinene, Sabinene, Delta-3-carene, Thymol, Beta-Caryophyllene,4-Thujene, Myrcene gibi bileşiklerde majör özellik sergilerken; Bursa uçucu yağ örneğinde; 1,8-Cineol (Eucalyptol), Terpinolene, 3-Thujene, Cis Limonene oxide ve Tricyclene, Beta Bisabolene, Ankara uçucu yağ örneği ise; 1,8-Cineole (Eucalyptol), alpha-pinene, beta-pinene, limonene, alpha-phellandrene, p-cymene, cavracrol, alpha terpinene açısından öne çıkmaktadır.

Bu sonuçlar, kekik uçucu yağlarının kimyasal bileşimindeki bölgesel farklılıkların, bitkinin yetiştiği çevresel koşullar, toprak yapısı, iklim ve genetik faktörlerden etkilenebileceğini göstermektedir. Kekik uçucu yağlarının kimyasal profilleri yetiştikleri bölgeye bağlı olarak önemli farklılıklar göstermiştir. İklim, toprak yapısı, jeolojik yapı, bakı nem ve genetik faktörler gibi çevresel değişkenler, her bir bölge için spesifik kimyasal profillerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Kaytanlıoğlu vd. 2022). Bu bulgular, kekik uçucu yağlarının, biyolojik aktivitelerin veya endüstriyel uygulamaların optimize edilmesi için, yol gösterici olabilecek potansiyel bilgi sağlamaktadır.

Mossa ve Nawwar (2010)'ın çalışmasında, *Origanum majorana L.* kekik uçucu yağ bileşenleri GC-MS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Tespit edilen uçucu yağın majör bileşenleri arasında 4-terpineol (%29.97), γ -terpinen (%15.40), trans-sabinene hidrat (%10.93), α -terpinen (%6.86), 3-siklohekzen-1-1 metanal (%6.54) ve sabinen (%3.91) yer almaktadır.

Aljabeili vd. (2018) çalışmalarında, *Thymus vulgaris L.* (kekik) uçucu bileşenlerini GC-MS analizi ile tespit edilmiştir. Majör olarak bulunan bileşenlerden en yüksek konsantrasyon, thymol (%41.04), sonrasında 1,8-Cineole (%14.26), γ -Terpinene (%12.06), α -Terpinene (%9.22) şeklindedir. Bu sonuçlara göre, 1,8-Cineole bileşen miktarı, bizim çalışmamızda tespit ettiğimizden daha düşük miktarda tespit edilmiştir.

Bir çalışmada, *Thymus kotschyana* cinsi kekikten hidrodistilasyon kullanılarak elde edilen uçucu yağda GC/MS ile bileşen tespiti yapılmıştır. Başlıca bileşenler thymol (%14.9), 1,8-cineole (%9.0), piperitenone (%6.3) ve carvacrol (%5.5) olarak belirtilmiştir (Semnani vd. 2006).

Okut, 2018'de yaptığı bir çalışmada, *Thymus fedtschenko* bitkisinin farklı bölgelerden toplanan örneklerinin uçucu yağ bileşenlerini (GC-MS) cihazı ile analiz etmiştir. Bulunan majör bileşenlerin oranları, Linalool (%50.08-73), 1,8-Cineole (%5.39-23.53), Thymol (%19.13-27.81) olarak bulmuştur. Farklı bölgelerde ve iklim koşullarında, kekik uçucu bileşen miktarlarının farklılık gösterebildiğini belirtmiştir.

Çalışmamızda, yüksek oranda tespit edilen 1,8-Cineole (eucalyptol) bileşeni , Hatay uçucu yağ örneğinde (%40.5) , Bursa uçucu yağ örneğinde (%31.8) ve Ankara uçucu yağ örneğinde (%38.3) oranında tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda, hidrodistilasyon işlemleri sonucunda elde edilen uçucu yağlarda, 1,8-Cineole (eucalyptol) bileşeni daha düşük oranlarda bulunmuştur. Bu nedenle, kullandığımız yüksek vakum distilasyon ile yüksek oranlarda bileşen tespiti edebildiğimiz söylenebilmektedir.

Mancini vd. (2015) yaptıkları çalışmada, *Thymus vulgaris* kekiğinin uçucu bileşenlerini GC-FID (Alev İyonizasyon Dedektörü) ile yaklaşık 134 bileşen tespit edilmiştir. Fenolik bileşiklerin yoğun olduğu uçucu yağ içerisinde fazla bulunan bileşiklerin timol (%46.2-67.5), karvakrol (%5.7-7.3) ve karyofilen oksit (%1.7-7.3) olarak belirtilmiştir.

Tekin (2013) yaptığı araştırmasında, Ege ve Akdeniz bölgesinde yetiştirilen *Origanum vulgare*, *Origanum onites* ve *Origanum minutiflorum* türlerinin uçucu yağları, hidrodistilasyon yöntemi ile elde etmiş ve GC-MS ile bileşen analizi yapmıştır. GC-MS sonuçlarına göre, *O. minutiflorum* türünün uçucu yağlarında en fazla tespit edilen bileşenleri karvakrol (%67.86 - 84.95), γ -terpinen (%0.99 - 3.46) ve p-simen (%5.36 - 8.77), olarak tespit etmiştir. *O. onites* türünün uçucu yağında p-simen (%3.90 - 10.07) ise karvakrol (%30.01 - 71.96), timol (%1.53 - 38.25), ve γ -terpinen (%2.25 - 5.07) yoğunlukta bulmuştur. *O. vulgare* türü kekik uçucu yağ örneklerinde ise karvakrol (%81.35), linalol (%10.17), p-simen (%1.27), timol (%1.21) ve β -karyofillen (%1.01) ana bileşenler olarak tespit etmiştir. Bu çalışmalara baktığımızda bizim sonuçlarımıza benzer olarak terpinene, tymol, cavracrol bileşenlerinin majör olarak tespit edildiği belirtilmiştir.

Kekik (*Origanum spp.*) uçucu yağlarının kimyasal bileşimi, bitkiye karakteristik özelliklerini kazandıran farklı bileşenlerden oluşur. Bu bileşenler arasında terpenler, aldehitler, fenoller, esterler, asitler, alkoller ve ketonlar yer alır. Kekik yağında en büyük oranı oluşturan terpenler, bitkinin hoş kokusunu ve antimikrobiyal özelliklerini sağlar. Ayrıca antioksidan etkileriyle serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltır (Kosakowska vd. 2024). Bu doğrultuda, 3 kekik uçucu yağ örneğimizde terpenlerin yüksek oranlarda bulunması ile örneklerin yüksek antimikrobiyal ve antioksidan kapasitelerine sahip olduğu söylenebilmektedir. Aldehitler, güçlü aromatik özelliklerinin

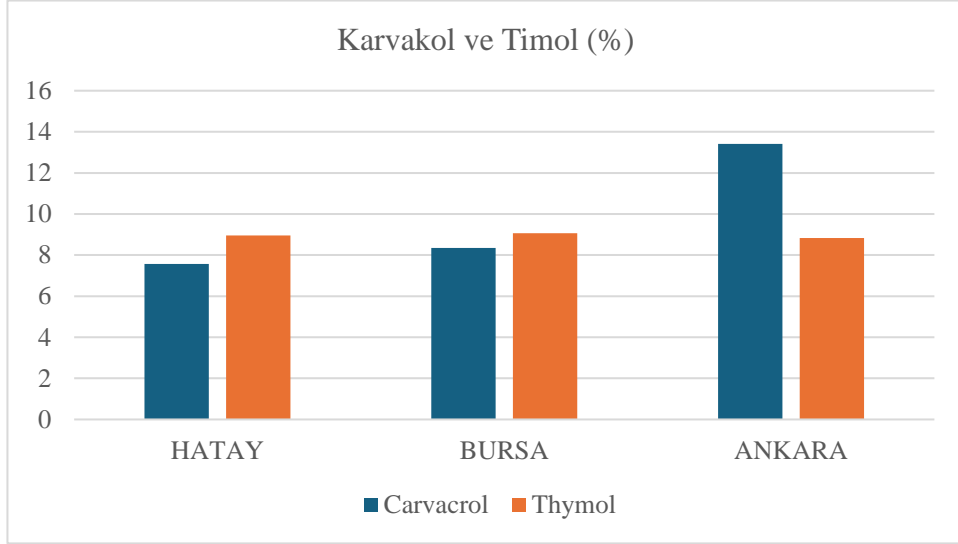
yanı sıra antimikrobiyal aktiviteleriyle ön plana çıkar ve özellikle gıdaların mikrobiyal bozulmasını önlemede etkilidir (Torres Neto vd. 2022). Özellikle Hatay ve Bursa örneğimizde aldehit oranının yüksek olması ile, bu kekik türlerinin antimikrobiyal etkilerinin arttığı söylenebilmektedir.

Fenolik bileşikler, kekik yağının en güçlü antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini sağlayan bileşenlerdir. Özellikle, thymol ve carvacrol, mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu etkiler gösterirken serbest radikalleri nötralize etme kapasiteleri oldukça yüksektir (Dambolena vd. 2010; González vd. 2013). Özellikle Hatay örneğimizde yüksek fenol oranları belirlenmiş olup bu kekik türünün antioksidan kapasiteyi arttırıcı etki gösterebildiği söylenebilmektedir. Esterler, kekik yağının hoş kokusunu oluşturan bileşenlerdir ve aynı zamanda antispazmodik ve sedatif özelliklere sahip olabilirler (Marrelli vd. 2018). Çalışmamızda Hatay ve Bursa kekiklerimiz ester oranları ile dikkat çekerek sedatif özelliklere sahiptirler. Asitler, uçucu yağlarda nispeten az miktarda bulunmakla birlikte, antimikrobiyal etkilerde rol oynayabilir. Özellikle formik asit türevleri mikrobiyal aktiviteyi baskılayabilir (Baranauskaitė vd. 2015; Marrelli vd. 2018). Bizim çalışmamızda kullandığımız 3 çeşit kekik uçucu yağ örneğimizde yüksek asit miktarları belirlenmiş olup, Hatay ve Ankara kekik uçucu yağlarında öne çıkan asit oranları mikrobiyal yükü azaltabilme kapasitesinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Alkoller, antimikrobiyal ve antifungal etkilerinin yanı sıra uçucu yağın stabilitesini arttırın bileşenlerdir (Bayaz, 2014). Hatay uçucu yağ örneklerimizde göze çarpan alkol oranları bu bölgenin kekiklerinin antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin fazla olabileceğini düşündürmektedir. Linalool gibi alkoller, ayrıca hoş aromatik özellikler sağlar. Ketonlar ise antifungal etkileriyle bilinir ve kekik yağının terapötik potansiyelini artırır (Aydın, 2003). Menthone gibi ketonlar, özellikle mantar enfeksiyonlarına karşı etkili olmalarıyla dikkat çeker. Bursa ve Ankara kekik uçucu yağlarında belirlenen yüksek keton oranları ile bu bölgede yetişen kekiklerin bu özelliklere sahip olacağı düşünülebilmektedir.

Uçucu yağ bileşenlerin oranları, bitkinin yetiştiği coğrafi bölge, iklim koşulları ve hasat zamanına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir dolayısıyla, farklı bölgelerden elde edilen kekik yağlarının biyolojik aktiviteleri ve kimyasal profilleri arasında farklılıklar

gözlemlenebildiği raporlanmıştır (Sakkas ve Papadopoulou, 2017). Bu değişkenlik, bitkinin antimikrobiyal, antioksidan ve diğer biyolojik etkilerindeki çeşitliliği de açıklamaktadır (Viuda-Martos vd. 2007; Crocoll vd. 2010; Kosakowska vd. 2024).



Şekil 4.2 Kekik uçucu yağ örneklerinde karvakol ve timol (%)

Timol ve karvakrol gibi biyoaktif bileşikler, kekik yağının antioksidan kapasitesini artırarak oksidasyonu geciktirir (Ruberto ve Baratta, 2000). Bizim çalışmamızda kullandığımız kekik uçucu yağ örneklerimizin, özellikle yüksek timol ve karvakrol konsantrasyonlarına sahip olması bu bölgelerde yetişen kekik örneklerimizin yüksek antioksidan özelliğine sahip olması ile serbest radikalleri nötralize etme kapasitelerinin fazla olduğu söylenebilmektedir

Kiper (2015) yaptığı bir çalışmada, (SPME) ve yüksek vakum distilasyon yöntemleri ile isot baharatında bulunan aroma bileşenlerini tespit etmiştir. Çalışmasında (GC-MS) ve gaz kromatografisi-olfaktometre (GK-O) kullanarak aroma tespiti yapmıştır. Yüksek vakum distilasyonu ile 54 uçucu bileşen elde ederken, SPME tekniği ile 32 uçucu bileşen elde etmiştir. Yüksek vakum distilasyonu kullanıldığında daha yüksek oranda uçucu bileşen elde edildiği belirtilmiştir. Yüksek vakum distilasyonun daha detaylı çalışmalar için kullanılabileceği ancak SPME yönteminin daha hızlı ve kolay uygulanabileceği vurgulanmıştır.

Su distilasyonunda kaynama esnasında sıcaklığın fazla yükselmesi, su pH'sının düşmesi ile birlikte, esterler, aldehitler monoterpenler polimerize olabilmektedir. Suda çözünen fenoller ve terpenoidler uçucu yağ fazı yerine su fazına geçebilmektedir (Baydar vd. 2008; 2013). Kullandığımız yüksek vakum distilasyon yöntemi ile bu olumsuz durumların önüne geçilmiştir.

Amiri, 2011 'de yaptığı bir çalışmada üç yabancı kekik türünden hidrodistilasyon yöntemi ile clevenger aparatıyla uçucu yağ elde edilmiştir ve GC-MS ile bileşenler tespit edilmiştir. Başlıca bileşenler timol (%16,4–42,6), karvakrol (%7,6–52,3) ve γ -terpinen (%3–11,4) bulunmuştur. Bizim sonuçlarımızda daha yüksek oranlarda bileşen tespitleri ile yöntemimizin bileşen kayıplarının önüne geçtiği söylenebilmektedir.

Türk kekiği (*Origanum onites L.*), yaygın adıyla İzmir kekiği, üzerinde farklı distilasyon yöntemlerinin denendiği bir araştırmada süresi ve fraksiyon sürelerinin uçucu yağ verimi ile bileşimi üzerindeki etkilerini incelenmiştir (Tuğlu vd. 2021). Araştırmada, su ve buhar distilasyonu, altı farklı süre ve altı fraksiyon dilimi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, distilasyon yöntemi, süresi ve dilimlerinin uçucu yağ bileşen oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğunu göstermiştir. Buhar distilasyonunun, su distilasyonuna kıyasla daha yüksek uçucu yağ verimi sağladığı belirlenmiştir. İki yöntemde uçucu yağ oranları, distilasyon sonucunda (su distilasyonunda %4.60, buhar distilasyonunda (%5.11) ve farklı fraksiyon diliminde (su distilasyonunda %31.60, buhar distilasyonunda %35.77) elde edilmiştir. Kekik uçucu yağının ana bileşeni karvakrol, su distilasyonunda (%93,91-94.60), buhar distilasyonunda ise (%93.11-93.41) en yüksek oranlarda bulunmuştur. Çalışmamız bulgularına benzer şekilde timol ve karvakrol gibi terpen bileşenleri yüksek oranlarda elde edilmesi kullandığımız yüksek vakum distilasyon yöntemi ile kekik örneklerimizden yüksek uçucu yağ verimi elde edildiğini gösterebilmektedir.

Yapılan bir çalışmada, Isparta ve Konya yöresinde yetişen *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* (kekik)'un uçucu bileşenleri GC-MS analizi ve Tepe Boşluğu Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (HS-SPME) ile belirlenmiştir. Ispartadan toplanan kekikte 51 adet uçucu bileşen ve en yüksek oranda monoterpen hidrokarbonlar, Konya ilinden toplanan kekik

örneklerinden 92 adet uçucu bileşen ve aromatik hidrokarbonlarda yüksek oran tespit edilmiştir. Kekik bitki örneklerinin toplandıkları bölgelerin farklı olmasının bileşen miktarlarında farklılık gösterdiği belirtilmiştir.

Yazıcı (2020) gerçekleştirdiği çalışmada, kekik ve biberiye uçucu yağlarının kimyasal bileşimlerini ve antioksidan kapasitelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, kekik uçucu yağ verimi %1.34, biberiye uçucu yağ verimi ise %0.40 olarak tespit edilmiştir. Kekik uçucu yağında majör bileşenler olarak karvakrol, gamma-terpinen, timol, terpineol, linalol bulunurken, biberiye esansiyel yağında eukaliptol, kafur, karvakrol, endo-borneol, delta-3-karen, terpineol, bornil asetat ve o-simen gibi bileşenler ön plana çıkmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada, üç ayrı dönemde (ağustos, eylül ve ekim aylarında) hasat edilen kekik örneklerinin uçucu bileşenlerinin tespiti için SPME ve GC-MS teknikleri uygulanmıştır. Uçucu bileşenlerden p-simenin %43.76 ile, ekim ayı hasat zamanında, γ -terpinenin %24.79 ile ağustos ayı hasat zamanında ve γ -terpinen %24.79, karvakrol %67.01 ve timol %20.26 ile eylül ayı hasat zamanlarında en fazla değerlerde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kekik bitkisine uygulanan gübre karışım içerikleri ve bitkinin hasat dönemi, kekik uçucu bileşenlerinin konsantrasyonlarında farklılıklara neden olmuştur (Yaşar vd. 2021).

Çağlayan (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı yabancı kekik türlerinin kimyasal özellikleri incelenmiştir. Labiatae familyasındaki *Laphanthus*, *Origanum*, *Salvia*, *Satureja*, *Thymus* ve *Ziziphora* cinslerine ait türlerin uçucu yağ ve etanol ekstraları hazırlanmış, bu ekstraların antioksidan enzim aktiviteleri araştırılmıştır. Ayrıca, ekstraların bileşenleri GC-MS ve LC-MS/MS teknikleri kullanılarak belirlenmiş, toksik ve sitotoksik etkileri ise MTT testi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bu bitki türlerinin uçucu yağ bileşenlerinin %80.33 ile %97.54 arasında değişen oranlarda tespit edildiğini ortaya koymuştur. LC-MS/MS analizleri, bazı türlerin özellikle rozmarinik asit açısından zengin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bazı ekstralarının fenolik ve flavonoit içeriklerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan türlerin çoğunun orta-yüksek düzeyde

antioksidan aktiviteye sahip olduğu, bazı örneklerin asetil ve butiril-kolinesteraz enzim inhibe edebildiği belirtilmiştir.

Baboli vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, bahçe kekiği (*Thymus vulgaris L.*) ve yabani kekik (*Thymus serpyllum L.*) uçucu yağ bileşenleri analiz edilmiştir. Yaklaşık 32 ile 43 bileşik tespit edilmiştir. Uçucu bileşenlerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi amacıyla poliamid nanofiberler kullanılarak SPME ve GC-MS teknikleri uygulanmıştır. Poliamid nanofiberlerin yüksek poroziteye ve yüzey hacmi oranına sahip olması, bu yöntemin uçucu bileşenlerin etkin bir şekilde ekstraksiyonunda önemli bir avantaj sağlamıştır. Bahçe kekik örneğinde, timol %60.12 oranında tespit edilmiştir. Ayrıca, karvakrol (%17.23), anetol (%1.09), ve β -caryophyllene (%3.12) gibi bileşikler de önemli oranlarda bulunmaktadır. Bu bulgular, bahçe kekiklerinin aromatik bileşenler açısından zengin bir yapıya sahip olduğunu ve özellikle timol ve karvakrolün bu bitkideki başlıca aktif bileşenler olduğunu göstermektedir. Yabani kekik örneğinde ise, timol %48.24 oranında tespit edilmiştir. Karvakrol (%23.95) ise yabani kekikte, bahçe kekiğine kıyasla daha yüksek bir oranla bulunmuş ve bu, yabani kekik ile bahçe kekiğinin uçucu bileşen profillerindeki en belirgin farklardan biri olarak raporlanmıştır. Ayrıca, bahçe ve yabani kekik arasındaki uçucu bileşen farklılıklarının belirlenmesinin, bu türlerin özelliklerini daha iyi anlamaya ve potansiyel kullanım alanlarını keşfetmeye yardımcı olacağı şeklinde yorumlanmıştır. Yapılan bu çalışmada bizim çalışmamızda kullanmış olduğumuz SPME ve GC-MS teknikleri uygulanmıştır. Çalışmada, SPME/GC-MS ve kemometrik analizler kombinasyonu, karmaşık doğal özlerin hızlı ve kapsamlı şekilde tespit edilmesi için etkili olan bir yöntem olarak önerilmektedir. Çalışmamıza benzer sonuçlar belirlenmiş olup, yüksek konsantrasyonlarda timol, kavrakrol tespit edilmiştir. Bu çalışma tekniğinin, kekik türlerinin uçucu bileşenlerini hızlı ve verimli tespit etmek için etkili bir yöntem önerdiğini göstermektedir.

Verma vd. (2016) çalışmasında, Himalaya kekiği (*Thymus linearis Benth.*) türünün Hindistan'ın kuzeyindeki subtropikal bölgeye başarılı bir şekilde adapte edilmesiyle elde edilen uçucu yağ verimi ve kimyasal bileşimini değerlendirmiştir. Farklı bitki yetiştirme süreleri ve hasatlarda yapılan analizlerde uçucu yağ oranının %1.64-2.79, kuru ot veriminin hektar başına 44.11-52.40 kuintal, uçucu yağ veriminin ise hektar başına 85.57-

108.71 litre arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kekik uçucu yağ bileşenleri GC-FID ve GC-MS yöntemleri kullanılarak , toplam yağ kompozisyonunun %98.0-99.7'sini temsil eden 44 bileşen tespit edilmiştir. Uçucu yağın ana bileşenleri arasında timol (% 34.3-67.3), p-simen (%4.0-27.4), ę-terpinen (%4.9-24.4), timil asetat (%0.6-5.2), ę-bisabolen (%0.8-5.1), timol metil eter (%2.4-3.7), ı-terpinen (%0.7-3.6), 3-oktanon (%0.6-2.3), -tujen (%0.3-2.3), borneol (%0.5-1.8), karvakrol (%0.9-1.5) ve cis-sabinen hidrat (%0.4-1.3) yer almıştır. Bölgedeki Himalaya kekiği üretiminden elde edilen uçucu yağın, Avrupa Farmakopesi'nde belirtilen yaygın kekik standartlarını karşıladığı belirlenmiştir.

Khan vd. (2019) yaptıkları ęalıřmada, *Thymus vulgaris* bitkisinden, hidrodistilasyonu yöntemi ile Clevenger aparatı kullanarak uçucu yağ ekstrakte etmişlerdir. GC-MS analizi ile uçucu bileşen tespiti yapılmış olup, majör bileşenler timol (%60.55), ę-terpinene (%9.48), p-cymene (%8.53), karvakrol (%3.35), terpinolene (%3.15) olarak gözlenmiştir.

Ülkemizde *Thymus* cinsi, *Lamiaceae* familyasına ait 38 türle temsil edilmektedir ve bu türlerin yaklaşık %47'si endemiktir. Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetişen *T. cilicicus*, *T. canoviridis*'in tüylü ve tüysüz varyeteleri, *T. comptus* ve *T. revolutus* cinslerinden hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağlarının kimyasal bileşenlerini tespit ederken GC-MS analiz yöntemi kullanılmıştır. Uçucu yağların hepsinde timol ana bileşen olarak tespit edilmiştir; *T. canoviridis* %60.44, *T. canoviridis* %64.79, *T. cilicicus* %34.03, *T. comptus* %55.14 ve *T. revolutus* %66.96 oranında timol içermektedir (Çelen, 2006).

Özel vd. (2004) yaptıkları bir ęalıřmada, *Origanum onites* bitkisinin uçucu yağlarının elde edilmesinde Süper Isınmış Su Ekstraksiyonu (SWE), buhar damıtma ve Soxhlet ekstraksiyonu gibi 3 farklı ekstraksiyon yöntemi karşılaştırılmıştır. ęalıřmada elde edilen sonuçlar, SWE'nin hem buhar damıtma hem de Soxhlet ekstraksiyonuyla benzer uçucu yağ verimleri sağladığını göstermiştir. Ancak, SWE'nin ekstraksiyon süresi ve kullanılan suyun deoksitlenmesi gibi özellikler, buhar damıtma ve Soxhlet yöntemlerine göre avantajlı bulunmuştur. Bu yöntemle yapılan ekstraksiyonların daha kısa sürede tamamlanması, ayrıca ęözücü kullanılmaması çevresel açıdan daha uygun bir seğenek sunmaktadır. Buhar damıtma yöntemi genellikle ucuz olmasına rağmen, seğiciliği

düşüktür ve bazı uçucu bileşenler bu yöntemde kaybolabilir. Diğer taraftan, Soxhlet ekstraksiyonu uzun ve zahmetli bir süreçtir; ayrıca çevreye zarar verebilecek çözücüler kullanılır.

4.2 Toplam Antioksidan Aktivitesi

Kekik örneklerine ait antioksidan aktivite miktarları, Hatay kekiğinde 2.49 mM TEAC, Bursa kekiğinde 2.72 mM TEAC ve Ankara kekiğinde 2.13 mM TEAC olarak tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda kekik örnekleri arasında toplam antioksidan aktivite açısından farklılıklar $P<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Örneklerin toplam antioksidan aktivite ve standart sapma değerleri Çizelge 4.8.'de verilmektedir.

Çizelge 4.8 Kekik uçucu yağ örneklerinde belirlenen toplam antioksidan aktivitesi (n=2)*

Örnek	DPPH değeri (TEAC mM/mL)
Hatay	2.49±0.003 ^B
Bursa	2.72±0.004 ^A
Ankara	2.13±0.003 ^C

*Farklı büyük harfler (A, B, C), değerler arasındaki farklılığın ($P<0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Bursa kekiği en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahip bulunurken, bunu sırasıyla Hatay ve Ankara takip etmiştir. Kekik uçucu yağının sahip olduğu öjenöl, kavrakrol ve timol bileşenleri antioksidan aktiviteye sahip olup, timol bileşeni diğerlerinden, daha etkili antioksidan özellik göstermektedir. Serbest yağ asidi radikal oluşumunu engelleyip oksidasyonu geciktirmektedir (Lin vd. 2009).

Yazıcı vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, kekik ve biberiye uçucu yağlarının antioksidan aktiviteleri (DPPH) belirlenmiştir. Kekik esansiyel yağı için DPPH IC50 değeri 4.74 µg ekstrakt/mL iken, biberiye esansiyel yağı için 2.75 µg ekstrakt/mL olarak tespit edilmiştir. Değerlere göre, kekik ve biberiye uçucu yağlarının güçlü antioksidan

aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada bizim sonuçlarımıza yakın antioksidan kapasitesi değeri bulunmuştur. Kekik ve biberiye esansiyel yağlarının bu özellikleri, gıda ve farmasötik endüstrilerinde antioksidan ajan olarak kullanılabilirliği açısından yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Bir çalışmada, karanfil ve kekik uçucu yağlarının antioksidan kapasiteleri 421 ve 225 μM troloks/100 g KM olarak belirlenmiştir. Yüksek antioksidan kapasitelere sahip olmaları nedeniyle ilaç sanayiinde doğal antioksidan bileşenler olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Malayoğlu vd. 2011).

Thymus vulgaris L. uçucu yağının antioksidan aktivitesi, DPPH radikal süpürme yöntemi ile yapılmıştır. Uçucu yağın antioksidan aktivitesi 149,8 $\mu\text{mol/ TE g}$ Troloks eşdeğeri olarak belirlenmiştir (Aljabeili vd. 2018).

Mossa ve Nawwar (2010)'ın çalışmasında, *Origanum majorana* L. uçucu yağının antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiştir. Antioksidan aktivite testleri kapsamında DPPH, hidroksil radikali, hidrojen peroksit, indirgeme gücü ve lipid peroksidasyon testlerinde IC50 değerleri sırasıyla 58.67, 67.11, 91.25, 78.67 ve 68.75 mg/mL olarak belirlenmiştir. Bu değerler, yağın güçlü bir antioksidan potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır.

Tekin (2013) araştırmasında, Ege ve Akdeniz bölgelerinden toplanan *Origanum vulgare*, *Origanum onites* ve *Origanum minutiflorum* türlerinin uçucu yağları, hidrodistilasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir ve uçucu yağların antioksidan aktivitesi, DPPH yöntemi ile ölçülmüştür. EC50 değerleri 0.44 – 16.21 $\mu\text{g/mL}$ arasında değişmiştir. *O. onites*'in en düşük EC50 değeri 0.44 μL iken, *O. vulgare* en yüksek değeri 16.21 $\mu\text{g/ml}$ olarak belirtilmiştir.

Shree vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, kekik esansiyel yağının, in-vitro antioksidan etkinliğini araştırmak, nano taşıyıcı sistemlerde enkapsülasyonu ve et ürünlerinde potansiyel kullanımı için tasarlanmıştır. Kekik esansiyel yağının antioksidan

aktivitesi ise DPPH ve 2,2-azinobis-3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonikasit (ABTS) yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Serbest radikal süpürücü aktivitenin, DPPH yöntemiyle %8.14 ile %78.73 arasında, ABTS yöntemiyle ise %6 ile %67.75 arasında değiştiği tespit etmiştir. Sonuç olarak, kekik uçucu yağının antioksidan aktiviteye sahip olması ve nano taşıyıcı sistemlerde enkapsüle edilerek et ürünleri gibi gıda matrislerinde potansiyel bir uygulama alanı bulunabileceğini ortaya konulmuştur.

Erucaria uncata ve *Thymelaea hirsuta*'nın ham ekstreleri ve uçucu yağlarının (EO) farmakolojik etkilerinin *in vitro* incelendiği bir çalışmada, *E. uncata* ve *T. hirsuta* ekstrelerinin orta derecede antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteler gösterdiği bulunmuştur. Bu sonuçlar, her iki bitkinin farklı bileşikler içermesi nedeniyle farklı etkiler gösterdiğini ve bu bitkilerin biyoaktif bileşikler açısından önemli bir kaynak olabileceğini göstermektedir (Djermane vd. 2020).

Farklı bir çalışmada; kekik uçucu yağlarının DPPH radikal süpürme aktivitesi analiz edilmiş ve 5mg/mL uçucu yağda; yüksek DPPH radikal süpürme aktivitesi, origanum (*Origanum vulgare*) kekiğinde %86.66, thyme wild (*Thymus serpyllum*) kekiğinde %52.54, *Thymus vulgaris* kekiği uçucu yağında ise %31.62 olduğu belirtilmiştir (Lin vd. 2009). Kekik uçucu yağında bulunan timol ve kavrakrol bileşenleri antioksidan özelliğe sahip olup, DPPH serbest radikalini azalttığı tespit edilmiştir (Ahmadi-Dastgerdi vd. 2022).

Kekik yağı numunelerinde, renk parametreleri ve fenolik bileşenler arasında önemli korelasyonlar bulunmaktadır. Özellikle, sarılık (b*) ile parlaklık (L*) arasında negatif bir korelasyon bulunmuşken, DPPH radikal süpürme aktivitesinin sarılık ve toplam antioksidan kapasite (TAC) ile pozitif bir korelasyonu olduğu saptanmıştır (Aljabeili vd. 2018; Malayoğlu vd. 2011).

Gül (2023) yaptığı çalışmada, 31 adet kekik yağının DPPH antioksidan aktivitesi, DPPH inhibisyon konsantrasyonu (IC50) analizlerini yapmıştır. DPPH radikal süpürme aktivitesi ortalama %61.75, IC50 değeri ise 88.4 µg TE/ml olarak ölçülmüştür. Bu

bulgular, kekik yağı üretim yöntemlerinin antioksidan kapasite üzerindeki etkilerini ve bu yağların potansiyel sağlık faydalarını daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Kekik (*Thymus vulgaris*), mercanköşk (*Origanum vulgare*), zencefil (*Zingiber officinale*) ve rezene (*Foeniculum vulgare*) antioksidan kapasiteleri DPPH, CUPRAC ve ABTS yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Antioksidan aktivitelerin değerlendirilmesinde, DPPH yöntemine göre en yüksek antioksidan aktivite zencefil uçucu yağında gözlemlenmiş olup, IC50 değeri 1.66 g/L olarak belirlenmiştir. Zencefili sırasıyla kekik ve mercanköşk uçucu yağları takip etmiş, bu yağların IC50 değerleri sırasıyla 4 ve 4.34 g/L olarak ölçülmüştür. Rezene uçucu yağı ise 270 g/L IC50 değeri ile en düşük antioksidan etkiyi göstermiştir. CUPRAC yönteminde, kekik uçucu yağı en yüksek aktiviteyi sergileyerek diğer yağlardan ayrılmıştır. ABTS yöntemine göre ise kekik ve mercanköşk uçucu yağlarının antioksidan aktivitelerinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kekik, mercanköşk ve zencefil uçucu yağlarının farklı yöntemlerle değerlendirildiğinde yüksek antioksidan potansiyel sergilediğini, ancak rezene yağının daha düşük bir aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur (Ingok vd. 2021).

4.3 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Kekik örneklerine ait fenolik madde miktarları, Hatay kekiğinde 2.48 mg GAE/mL, Bursa kekiğinde 2.51 mg GAE/mL ve Ankara kekiğinde 1.97 mg GAE/mL fenolik madde tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda kekik örnekleri arasında toplam fenolik madde miktarları açısından farklılıklar $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Örneklerin toplam miktarları ve standart sapma değerleri çizelgelendirilmiştir.

Çizelge 4.9 Kekik uçucu yağ örneklerinde belirlenen toplam fenolik madde miktarı (n=2)*

Örnek	Fenolik madde miktarı (mg GAE/mL)
Hatay	2.48 ±0.005 ^A
Bursa	2.51 ±0.004 ^A
Ankara	1.97 ±0.0005 ^B

*Farklı büyük harfler (A, B) değerler arasındaki farklılığın (P<0.05) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Toplam fenolik madde miktarı açısından Bursa ve Hatay benzer yüksek değerlere sahipken, Ankara diğer örneklerle göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur (P <0.05).

Bitkiler, aromatik halkalara bağlı hidroksil grupları içeren fenolik bileşiklerle zengindir ve bu bileşikler, serbest radikalleri elimine etme potansiyeline sahip antioksidanlar olarak işlev görürler. Bu polifenoller, bitkilerin çeşitli kısımlarında bulunur ve zincirleme oksidasyon reaksiyonlarını bloke etmek için metallerle şelat yapar veya hidrojen atomları vererek etkilerini gösterirler (Mokhtari vd. 2023). Kekik uçucu yağı, bu fenolik bileşikler açısından önemli bir kaynaktır ve içerdiği toplam fenolik madde miktarı, yağın üretildiği bitkinin türü, hasat zamanı ve ekstraksiyon yöntemine göre değişir.

Kekik bitkisinde elde edilen 1.34 mL / 100g uçucu yağda toplam fenolik madde miktarı 18.72 mg GAE/g KM olarak bulunmuştur. Biberiye bitkisinden elde edilen uçucu yağda ise 12.11 mgGAE/g KM. Her iki esansiyel yağın yüksek fenolik özellik gösterdiği ancak, kekik uçucu yağının daha yüksek miktara sahip olduğu belirtilmiştir (Yazıcı vd. 2020). Bir çalışmada ise kekik uçucu yağında toplam fenolik madde 41.18- 344.24 mg GAE/g ekstrakt olarak belirtilmiştir (Maral vd. 2017).

Yapılan bir çalışmada, kekik uçucu yağında 77.3 mg GAE/g toplam fenolik madde bulunmuştur. Fenolik bileşikler lipid oksidasyon zincirini kırarak fenolik-hidroksil grupların ortaya çıkmasına ve serbest radikalleri süpürme aktivitesinin artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmalarda belirlenen toplam fenolik madde miktarı aralığı bizim kekik

örneklerimizde belirlenen toplam fenolik madde miktarı değerlerini kapsamaktadır (Aljabeili vd. 2018).

5 farklı alandan toplanan *Thymus vulgaris*'in uçucu yağ bileşiminin tespit edildiği bir çalışmada, uçucu yağın toplam fenolik madde miktarı analiz edilmiş ve tüm örneklerin fenolik madde konsantrasyonları 77.6-165.1 mg GAE/ g arasında bulunmuştur. Bu esansiyel yağların fenolik özellikleri nedeni ile gıdalarda doğal koruyucu olarak ve nutrasötiklerde kullanılabileceği belirtilmiştir (Mancini vd. 2015).

Bir çalışmada , kekik uçucu yağlarının toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu's methodu ile tespit edilmiştir. Bu uçucu yağların fenolik madde miktarları 1107.20 ve 275.50 ve 57.69 µg GAE/5 mg uçucu yağ olarak bulunmuştur (Lin vd. 2009).

Alizadeh vd. (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada, kekik bitkisini 2 farklı dönemde (çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme zamanında) hasat ederek, bitki örneklerinin uçucu yağlarının toplam fenolik madde miktarını analiz etmiş ve 8.82-18.97 mg GAE/g KM değerleri arasında belirlemişlerdir. Kekik uçucu yağının çiçeklenme öncesi ve sonrası değerleri karşılaştırıldığında ise çiçeklenme dönemindeki timol bileşen miktarının fazla olmasının fenolik miktarındaki yüksekliğinin nedeni olduğu belirtilmiştir.

İki farklı kekik türü olan *Origanum onites* ve *Thymbra spicata* var. *Spicata* bitkilerinin ekstrakt eldesi için çözücü ekstraksiyon ve ultrason destekli ekstraksiyon analizlerinin kullanıldığı bir çalışmada, uçucu yağların toplam fenolik madde miktarı *Origanum onites* türünde daha yüksek (49.2-60.6 mg GAE/g KM) belirlenirken, *Thymbra spicata* var. *Spicata* türünde ise (31.02- 48.6 mg GAE/g KM) aralığında sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada, ultrason destekli ekstraksiyon yönteminin çözücü ekstraksiyon yönteminden daha yüksek verim sunduğu vurgulanmıştır (Yılmaz vd. 2019).

Kekik (*Thymus vulgaris*), mercanköşk (*Origanum vulgare*), zencefil (*Zingiber officinale*) ve rezene (*Foeniculum vulgare*) uçucu yağlarının, antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada, fenolik madde miktarları

kekikte 193 mg GAE/L, mercanköşkte 163 mg GAE/L, rezenede 17.7 mg GAE/L, zencefilde ise 7.72 mg GAE/L olarak ölçülmüştür (Ingok vd. 2021).

Gül (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilen 31 adet kekik yağının , fenolik madde miktarları analiz edilmiştir. 31 örneğin ortalama fenolik madde miktarı 8.81 mg GAE/ml olarak tespit edilmiş olup, en yüksek değer 19.20 mg GAE/ml 'dir. Geleneksel üretim kekik yağlarında toplam fenolik madde miktarları birbirinden farklı çıktığı için, fenolik madde miktarının kekik yağlarında önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır.

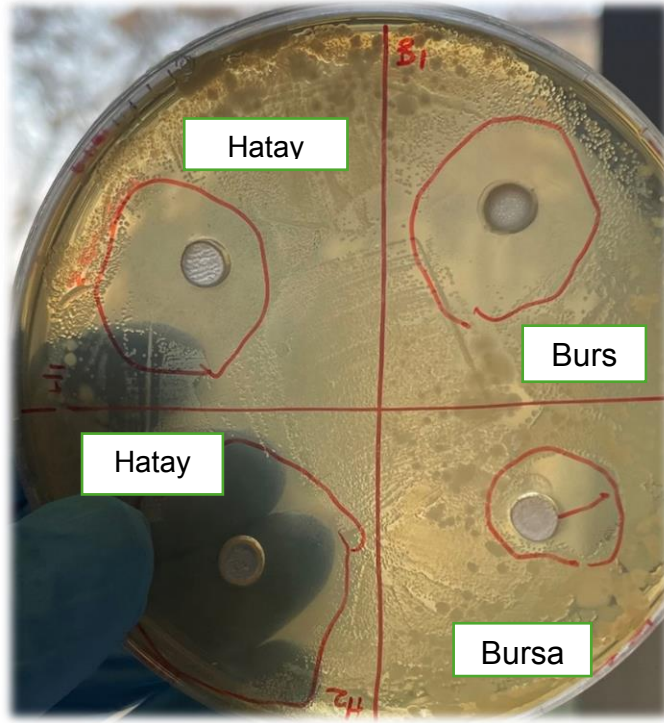
4.4 Antimikrobiyal Aktivite Analizleri

Hatay, Bursa ve Ankara bölgelerinden elde edilen kekik örneklerinin *S. enterocolitica*, *E. coli*, *S. aureus* ve *B. cereus* üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri değerlendirilmiş ve Çizelge 4.10'da inhibisyon çapları mm cinsinden verilmiştir.

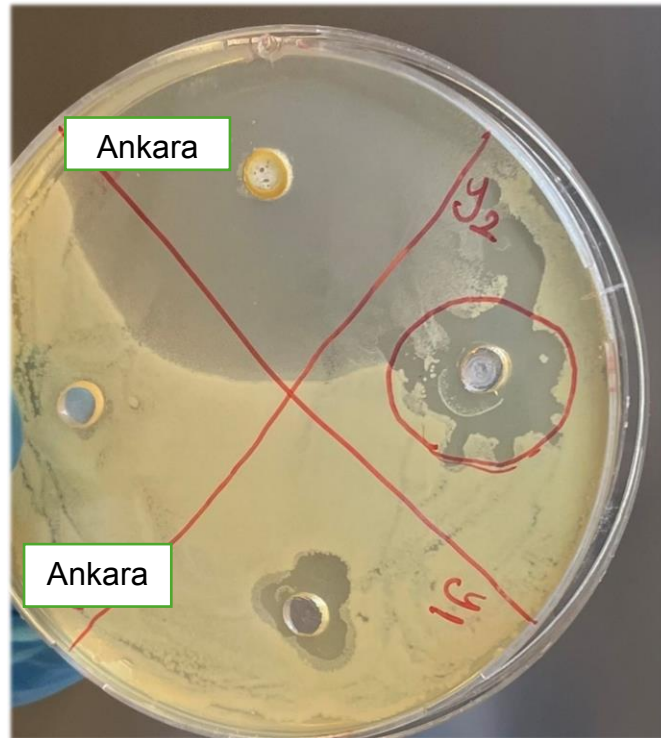
Çizelge 4.10 Kekik uçucu yağ örnekleri antimikrobiyal aktivite analizleri (n=2)*

<i>Salmonella enterocolitica</i>	İnhibisyon zon çapları (mm)
Hatay	18.0 ± 0.4 ^A
Bursa	7.50 ± 0.5 ^B
Ankara	9.00 ± 0.3 ^B
<i>Escherichia coli</i>	
Hatay	15.00 ± 0.3 ^A
Bursa	10.50 ± 0.5 ^B
Ankara	6.50 ± 0.5 ^C
<i>Staphylococcus aureus</i>	
Hatay	11.10 ± 0.4 ^A
Bursa	8.00 ± 0.3 ^B
Ankara	6.50 ± 0.6 ^B
<i>Bacillus cereus</i>	
Hatay	17.50 ± 0.5 ^A
Bursa	8.75 ± 0.35 ^B
Ankara	6.00 ± 0 ^C

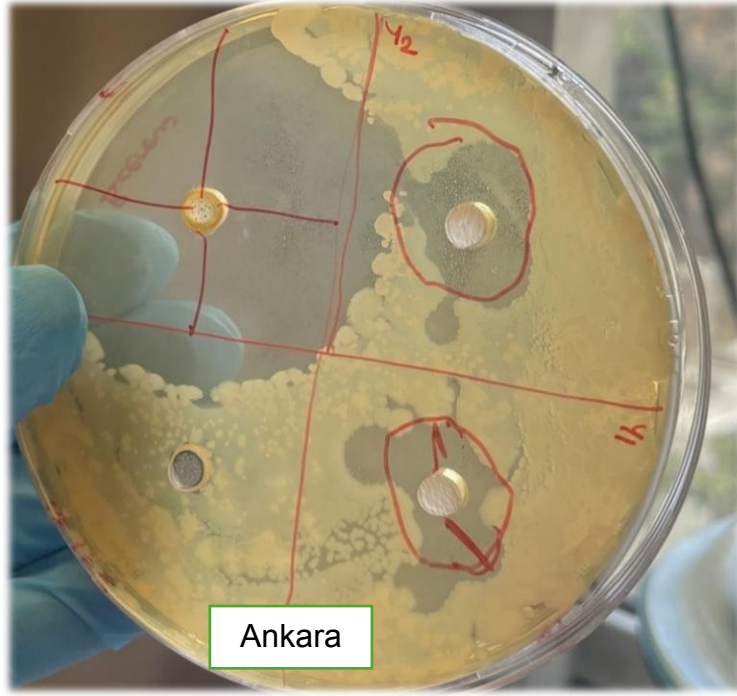
*Farklı büyük harfler (A, B), değerler arasındaki farklılığın (P<0.05) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.



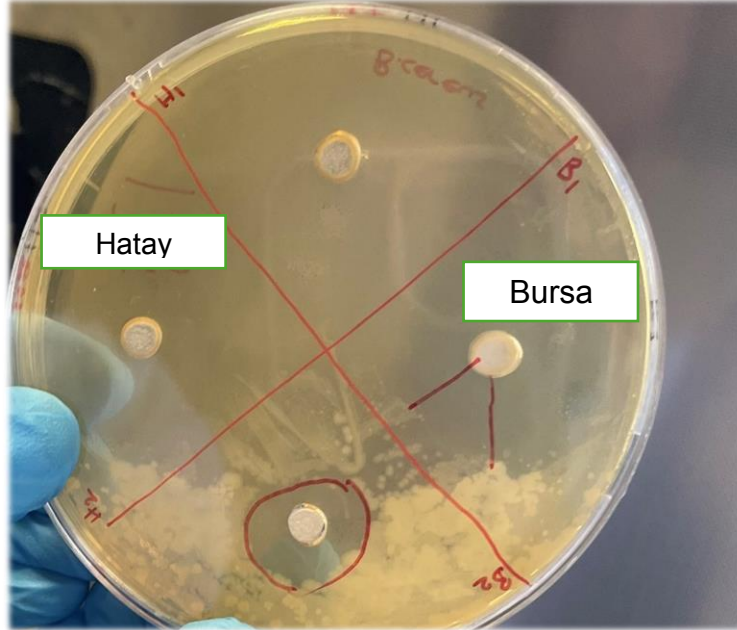
Şekil 4.3 Bursa-Hatay kekiği uçucu yağının *Escherichia coli*'ye karşı gösterdiği inhibisyon zonu



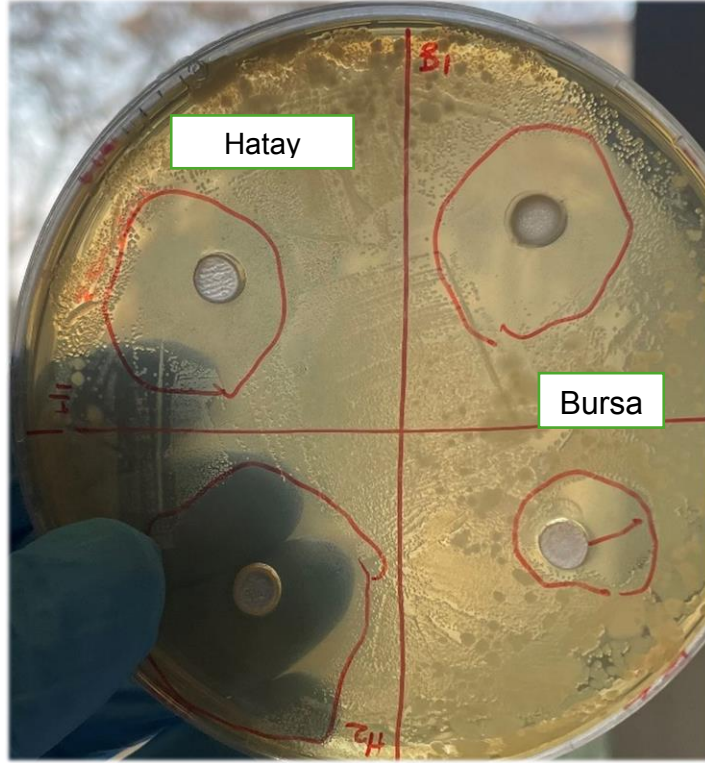
Şekil 4.4 Ankara kekiği uçucu yağının *Escherichia coli* 'ye karşı gösterdiği inhibisyon zonu



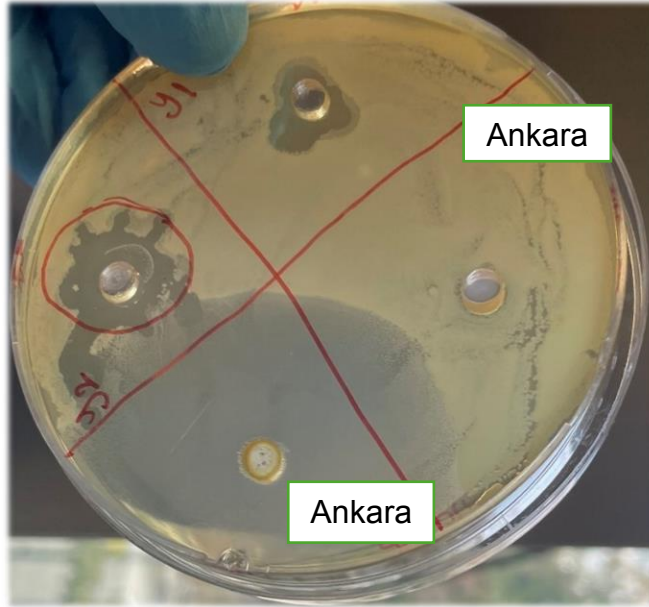
Şekil 4.5 Ankara kekiği uçucu yağının *Bacillus cereus*'a karşı gösterdiği inhibisyon zonu



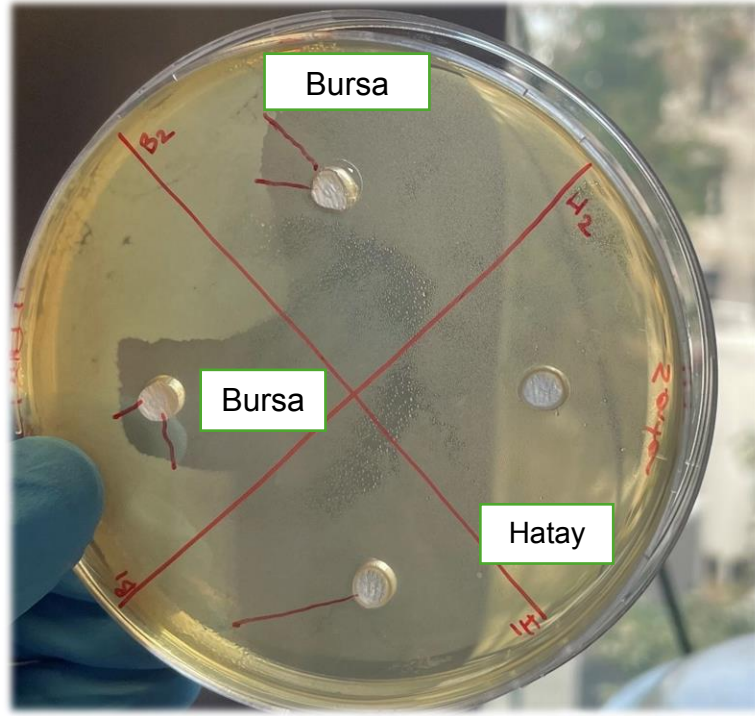
Şekil 4.6 Bursa-Hatay kekiği uçucu yağlarının *Bacillus cereus*'a karşı gösterdiği inhibisyon zonu



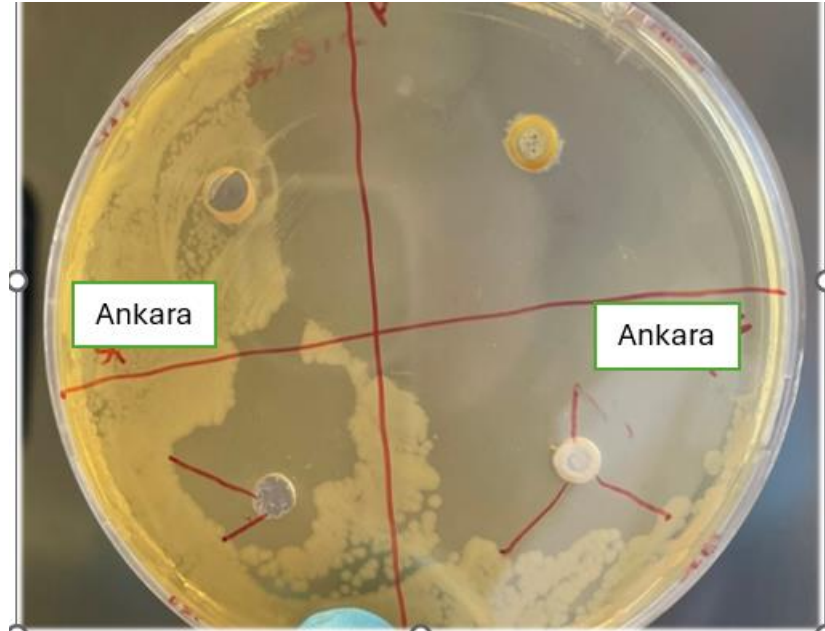
Şekil 4.7 Bursa-Hatay kekiği uçucu yağlarının *Staphylococcus aureus*'a karşı gösterdiği inhibisyon zonu



Şekil 4.8 Ankara kekiği uçucu yağının *Staphylococcus aureus*'a karşı gösterdiği inhibisyon zonu



Şekil 4.9 Bursa-Hatay kekiği uçucu yağlarının *Salmonella enterocolitica*'ya karşı gösterdiği inhibisyon zonu



Şekil 4.10 Ankara kekiği uçucu yağının *Salmonella enterocolitica*'ya karşı gösterdiği inhibisyon zonu

En yüksek antimikrobiyal etki, Hatay örneğinin *Salmonella enterocolitica*'ya karşı 18.00 ± 0.4 mm inhibisyon zon çapıyla gösterilmiştir. En düşük antimikrobiyal etki, Ankara örneğinin *Bacillus cereus*'a karşı 6.00 ± 0 mm inhibisyon zon çapıyla gösterilmiştir.

Salmonella enterocolitica için inhibisyon zon çapları, Hatay örneğinde 18.00 ± 0.4 mm ile en yüksek değeri gösterirken, Bursa (7.50 ± 0.5 mm) ve Ankara (9.00 ± 0.3 mm) örneklerinde daha düşük bulunmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). *Escherichia coli*'ye karşı Hatay örneği yine en yüksek inhibisyon çapına (15.00 ± 0.3 mm) sahipken, Bursa (10.50 ± 0.5 mm) ve Ankara (6.50 ± 0.5 mm) örnekleri daha düşük bir etki göstermiştir ($P < 0.05$).

Staphylococcus aureus üzerinde de benzer bir sonuç gözlemlenmiştir. Hatay örneği en yüksek inhibisyon çapı (11.10 ± 0.4 mm) ile öne çıkarken, Bursa (8.00 ± 0.3 mm) ve Ankara (6.50 ± 0.6 mm) örnekleri daha düşük etkinlik göstermiştir.

Bacillus cereus için ise Hatay kekik örneği en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip (17.50 ± 0.5 mm) bulunmuş olup, Bursa (8.75 ± 0.35 mm) ve Ankara (6.00 ± 0 mm) örnekleri arasında da anlamlı farklar gözlemlenmiştir ($P < 0.05$).

Analizlerimiz sonucunda, Hatay kekik örneğinin tüm mikroorganizma (gram-pozitif ve gram-negatif bakteri) türlerine karşı en yüksek inhibisyon zon çaplarında ölçülmesi, Hatay kekiğinin diğer örneklere kıyasla daha güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer bölgelerden elde edilen örnekler ise daha düşük aktiviteler sergilemiştir. Bu bulgular, farklı coğrafi bölgelerde yetişen kekik örneklerinin antimikrobiyal potansiyelinin, bölgesel faktörler ve kimyasal kompozisyon farklılıkları ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Uçucu yağların ekstrakte edilme yöntemleri ile bileşen kompozisyonları değişebilmektedir ve bu durum uçucu yağların antimikrobiyal özelliklerini etkileyebilmektedir. Uçucu yağların içerdiği fenolik bileşenler, bakteri enzim sentezini engelleyerek hücre membranının geçirgenliğini arttırmaktadır. Uçucu yağlar hidrofobiktir

ve bu sayede, mikroorganizmaların hücre zarını ve mitokondri lipitlerini ayırabilmektedirler. Lipofilik özellikleri ile de, hücre duvarı ve hücre zarından geçebilirler. Uçucu yağ bileşenlerinin yağ asitleri ile etkileşimi bakteri membranını geçirgen hale getirek hücre ölümüne neden olmaktadır. Uçucu yağların içerdiği fenolik bileşikler bakteri hücre zarını degrade ederek, hücre fonksiyonel özelliklerini ve membran proteinlerini, sitoplazmik zarları zarara uğratabilmektedir (Çelen, 2006).

Yapılan bir çalışmada, hidrodistilasyon yöntemi ile elde edilen kekik uçucu yağının *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*, *Porphyromonas gingivalis*, ve *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal etkisi agar kuyu difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Kekik uçucu yağı 7,5 ve 42 mm arasında değişen inhibisyon zonu oluşturmuştur. Bu sonuçların, bizim çalışmamızda bulduğumuz inhibisyon zon aralığını kapsamaktadır (Fani vd. 2017).

Kekik uçucu yağında bulunan timol bileşeni hücre zarı proteinlerine bağlanarak, hücre içi patlamaya sebep olmaktadır. Burt (2004)' de timolün, E.coli 'nin hücre içi ATP içeriğini azalttığını ve gram pozitif- negatif bakterilerin büyümesini engellediğini belirtmiştir.

Mutlu Ingok vd. (2021) çalışmasında, kekik (*Thymus vulgaris*), mercanköşk (*Origanum vulgare*), zencefil (*Zingiber officinale*) ve rezene (*Foeniculum vulgare*) uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitelerini değerlendirmiştir. Bu uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteleri *Campylobacter jejuni* ve *Campylobacter coli*'ye karşı agar kuyucuk difüzyon ve mikro dilüsyon yöntemleriyle test edilmiştir. İnhibisyon zon çapları *C. jejuni* için 9.2–28.7 mm, *C. coli* için 14.7–27.8 arasında değişmiştir. Kekik ve mercanköşk uçucu yağları daha düşük MİK değerleri (5.65–43.20 µg/mL) ile en etkili bulunurken, rezene uçucu yağı, *C. jejuni* için en yüksek MİK değerini (28530 µg/mL) göstermiştir.

Yapılan farklı bir çalışmada kimyon, biberiye ve kekik uçucu yağlarının ultra filtre edilmiş peynir üzerinde farklı patojenlere karşı antimikrobiyal etkisi incelenmiştir. Bu uçucu yağların, *E. coli*, *S. typhi*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *Aspergillus niger* (*A. niger*) mikroorganizmalarının peynir üzerindeki gelişiminde engelleyici bir doğal antimikrobiyal koruma sağladığı belirlenmiştir (Mailam vd. 2017).

Thymus capitatus (acı kekik) türü uçucu yağın nano-emülsiyon ve kapsüllenmiş formlarıyla pastörize süte katılarak, sütün raf ömrünü arttırdığını belirtilen bir çalışmada, bu bileşenlerin *S. aureus* ve *E. hirae* mikroorganizmaları üzerinde yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği saptanmıştır. Uçucu yağların sütün fizyokimyasal özelliklerine olumlu katkı sağladığı, fermantasyon ve oksidatif stabilitesini artırarak raf ömrünü uzattığı ve sütün kalitesini koruduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kekik uçucu yağlarının gıda muhafazasında ve süt ürünlerinin kalite kontrolünde potansiyel bir doğal katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Jemaa vd. 2018).

Agaoglu vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, kimyon, tarçın ve karanfil uçucu yağının antimikrobiyal etkisi *S. aureus* ve *E. coli* mikroorganizmalarına karşı, agar disk difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 10-30 mm aralığında değişen inhibisyon zonlarının tespit edilmesi sonucu çalışılan uçucu yağların güçlü antimikrobiyal etkisi olduğu vurgulanmıştır. Sonuçlar, bizim çalışmamızda tespit ettiğimiz inhibisyon zon aralığını kapsamaktadır.

Turhan (2015) yapmış olduğu çalışmada, fesleğen, kekik, kimyon, mercanköşk, rezene ve uçucu yağlarının *E. coli* ve *S. aureus* patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkilerini agar kuyucuk difüzyon yöntemi ile değerlendirmiştir. Esansiyel yağların antimikrobiyal aktiviteleri, oluşturdukları inhibisyon zonlarının büyüklüğüne göre belirlenmiştir. Kekik ve mercanköşk yağlarının diğer uçucu yağlara göre güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu gözlemlenmiş ve en yüksek etkiler her iki mikroorganizma için de mercanköşk yağında tespit edilmiştir. Özellikle 2.5-5-10-15 µL yağ konsantrasyonlarında kekik ve mercanköşk yağlarının *E. coli* üremesini engellediği saptanmıştır. *S. aureus* gelişmesi, kekik, kimyon ve mercanköşk yağlarının 2.5 µL gibi düşük konsantrasyonlarında inhibisyon etkisi yaratmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, antimikrobiyal aktivite gösteren kekik, kimyon, ve mercanköşk yağları seçilerek bu yağların *E. coli* ve *S. aureus* üzerindeki etkileri zaman içinde incelenmiştir. Mikrodilüsyon yöntemi ile yapılan çalışmada MİK değerleri bulanıklık ve optik yoğunluk ölçümleri ile belirlenmiştir. Kekik yağının MİK değeri *E. coli* için 0.93 µL/mL, *S. aureus* için 3.75 µL/mL olarak bulunmuştur. Mikroplaklardan alınan örnekler petri kaplarında inkübe edilerek minimum bakterisidal konsantrasyon değerleri (MBK) hesaplanmıştır. *E.*

coli için kekik ve mercanköşk yağlarının MBK değeri 0.93 µL/mL, olarak bulunmuştur. *S. aureus* için kekik, kimyon, ve mercanköşk yağlarının MBK değerleri sırasıyla 3.75 µL/mL, 15 µL/mL, ve 1.87 µL/mL'dir. *E. coli* için en düşük MİK ve MBK değerleri kekik ve mercanköşk yağlarında belirlenmiştir. Ayrıca, *S. aureus* için belirlenen MİK ve MBK değerlerinin *E. coli*'ye kıyasla fazla olması, *S. aureus*'un esansiyel yağlara karşı daha dayanıklı olduğunu ortaya koymuştur.

Çelen (2006) tarafından yapılan bir araştırmada, *Thymus* türlerinin uçucu yağ bileşimleri ve bunların antibakteriyel ile antifungal aktiviteleri incelenmiştir. Araştırma kapsamında *T. revolutus*, *T. cilicicus*, *T. canoviridis* (I ve II), *T. comptus* türlerinden beş farklı bitki örneği kullanılmış ve bu bitkilerin antimikrobiyal ve antiseptik özellikleri ortaya konulmuştur. Bu uçucu yağların *Enterobacter aerogenes* NRRL 3567, *Escherichia coli* ATCC 25292, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Proteus vulgaris* NRRL 123, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Serratia marcescens*, *Candida albicans*, *Alternaria brassicola*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* ve *Penicillium expansum* gibi mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal ve antifungal etkinlikleri incelenmiştir. Tüm uçucu yağlar, çalışmada kullanılan bakteriler ve *Candida albicans* üzerinde üreme engelleyici faaliyet göstermiş, funguslara karşı ise düşük antifungal etkinlik sergilemişlerdir. Ayrıca gıda ürünlerinin muhafazasında ve raf ömrünün uzatılmasında antioksidan kapasiteleri ve antimikrobiyal etkileri sayesinde, gıda ürünlerinin oksidatif bozulmasını önleyerek katkı maddelerinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırdıkları raporlanmıştır.

Thymus vulgaris (kekik) ve *Lavandula angustifolia* (lavanta) bitkilerinden elde edilen uçucu yağların etkileri ineklerde mastitise yol açan *Staphylococcus* ve *Streptococcus* türleri üzerinde incelenmiştir. Çalışma sonucunda, timol içeren kekik uçucu yağının bu mikroorganizmalar üzerinde lavantaya kıyasla daha yüksek antibakteriyel etki gösterdiği belirlenmiştir. Bu uçucu yağların, standart antibiyotik tedavileri ile benzer antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Abboud vd. 2015).

Xue vd. (2017) çalışmalarında, thymol, etkili antimikrobiyal madde olarak sıvı gıdalarda kullanılmak üzere kapsüllenmesi amaçlanmaktadır. Jelatin ve soya lesitini kullanılarak

hazırlanan timol nanoemülsiyonlarının, süt ve kavun suyu gibi model gıda sistemlerinde *E. coli* O157:H7 ve *L. Monocytogenes* üzerinde antimikrobiyal etki incelenmiştir. Sonuç olarak, thymol nanoemülsiyonlarının, gıda güvenliğini artırmak için yeni bir antimikrobiyal koruyucu madde olarak potansiyel taşıdığı ve gıda matrislerindeki patojenlerin büyümesini engellediği bulunmuştur.

Mishra (2020) 'de uçucu yağların süt ürünleriyle kombinasyonu ve bu kombinasyonların işlevleri ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Uçucu yağların güçlü antimikrobiyal aktivite göstermelerinde, yağların içerdikleri terpen bileşenlerinin önemli role sahip olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak, esansiyel yağların süt ürünlerinde biyolojik koruyucu, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin yanı sıra aroma artırıcı özellikleriyle umut verici ajanlar olduğu bildirilmiş ve gelecekteki araştırmaların, bu yağların etki mekanizmaları ve diğer olası faydaları üzerine daha ayrıntılı çalışmalar yapılması şeklinde önerilmiştir.

Chen vd. (2014) yaptıkları çalışmada, yağsız sütte nisin (1500 IU/mL) ve kekik yağı (3 mg/mL) kombinasyonunun, 4 saat içerisinde *Listeria monocytogenes* bakterisinin aktivitesini belirgin şekilde düşürdüğünü gözlenmiştir. Bu bileşik kombinasyonun gıda koruması için potansiyeli vurgulanmıştır.

Tekin (2013) araştırmasında, hidrodistilasyon yöntemi ile elde ettiği uçucu yağların çeşitli konsantrasyonlarda (5, 10, 20, 30, 40, 50 ve 80 µL/mL) bakteri süspansiyonlarına ilave ederek antimikrobiyal etkilerini değerlendirmiştir. *Origanum* türlerinin özellikle *E. coli* O157:H7 üzerinde güçlü bir antimikrobiyal etki gösterdiği ve *Listeria monocytogenes* üzerinde ise bakteriyel sayıyı azalttığı gözlemlenmiştir (P<0.05).

Shree vd. (2019) yaptıkları çalışmada, kekik esansiyel yağının in-vitro antimikrobiyal ve antioksidan etkinliğini araştırarak, nano taşıyıcı sistemler içinde enkapsülasyonu ve et ürünlerinde potansiyel kullanımı değerlendirmiştir. Antimikrobiyal etkinliği belirlemek için Gram pozitif (*B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *E. faecalis*) ve Gram negatif (*S. typhi*, *E. coli*, *S. flexneri*, *P. aeruginosa*, *P. mirabilis* ve *K pneumoniae*) mikroorganizmalara karşı inhibisyon zonu analizleri ve MİK yöntemleri uygulanmıştır.

Genel olarak, test edilen mikroorganizmalara karşı 27.5 mm ile 45 mm arasında değişen zon çapı ile orantılı güçlü bir inhibisyon etkisi gözlenmiş, aynı zamanda Gram pozitif bakterilere karşı etkinin Gram negatiflere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kekik uçucu yağının güçlü antimikrobiyal etkiye ve antioksidan aktiviteye sahip olması ve nano taşıyıcı sistemlerde enkapsüle edilerek et ürünleri gibi gıda matrislerinde potansiyel bir uygulama alanı bulunabileceği ortaya konulmuştur.

5. SONUÇ

Bu araştırma, Türkiye'nin farklı bölgelerinden (Bursa, Ankara ve Hatay) toplanan üç farklı *Origanum vulgare* türüne ait dağ kekiği bitkilerinden, yüksek vakum distilasyon yöntemi ile elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal ve antioksidan etkilerini *in vitro* koşullarda incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, kekik uçucu yağlarının terpenik bileşenlerinin ve diğer biyoaktif bileşenlerinin gıda koruma ve sağlık alanındaki potansiyel uygulama durumu değerlendirilmiştir.

Çalışmada, kekik uçucu yağlarının belirli patojen mikroorganizmalar (*S. aureus*, *E. coli*, *B. cereus*, *S. enterocolitica*) üzerindeki antimikrobiyal etkisi agar kuyu difüzyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Uçucu aromatik bileşenler faz mikroekstraksiyon (SPME) tekniği ve GC-MS (Gaz Kromatografi -Kütle Spektrometrisi) yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu reaktifi yöntemiyle, antioksidan kapasiteleri ise DPPH serbest radikal giderme yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarla, kekik uçucu yağlarının doğal koruyucu ajan olarak kullanılabilirliği konusunda bilimsel bir veri eldesi sağlamıştır. Bu çalışma, kekik uçucu yağlarının gıda güvenliği ve sağlık alanında yenilikçi ve doğal bir alternatif olabileceğini vurgulamaktadır.

Kekik Örnekleri Uçucu Yağ Bileşenlerinin Genel Değerlendirilmesi

1. Asitler:

- Asetic acid: Hatay'da çok yüksek bir değere sahiptir (953.5 ± 4.6 ppm). Bursa (261.4 ± 4.3 ppm) ve Ankara'da (173.3 ± 11.1 ppm) oldukça düşüktür.

2. Esterler:

- Formicacid, ethylester : Hatay'da açık bir üstünlük sergilemektedir (604.5 ± 4.7 ppm). Bursa (169 ± 1.2 ppm) daha düşük düzeydedir. Ankara'da bu ester ölçülmemiştir.
- Ethylacetate: Hatay (2602.8 ± 54.4 ppm) ve Bursa (1989.1 ± 13.4 ppm) arasında farklılık vardır, ancak Ankara'da oldukça düşük bir düzeyde bulunmuştur (467.1 ± 11.9 ppm).

3. Alkoller:

- Ethylalcohol: Hatay (710.2 ± 5.8 ppm) ile diğer iki il arasında belirgin bir fark yaratmıştır. Bursa ve Ankara'da daha düşüktür.
- 1-octen-3-ol: Hatay'da (286.7 ± 7.2 ppm), Bursa (76.4 ± 2.9 ppm) ve Ankara'dakinden (90.3 ± 1.4 ppm) oldukça yüksektir.

4. Ketonlar:

- Acetophenone: Ankara (14729.6 ± 73 ppm), Bursa (12917 ± 65.2 ppm) ve Hatay (28962 ± 3.8 ppm) arasında dikkat çekici bir artış göstermektedir.

5. Terpenler:

- 1,8-Cineole (Eucalyptol) : Hatay (34773.0 ± 110.2 ppm) , Bursa (22321.0 ± 15.1 ppm) ve Ankara (287778 ± 0 ppm) olarak yüksek miktarlarda tespit edilmiştir.
- Gamma-terpinene: Hatay (5379.3 ± 158 ppm), Bursa (2447.2 ± 148 ppm) ve Ankara (1943.1 ± 69 ppm) arasında önemli farklar vardır. Hatay açık ara öndedir.
- Alpha-pinene: En yüksek seviyeler Ankara'da bulunmuştur (2038.7 ± 78 ppm). Bursa (1869.5 ± 15.6 ppm) ve Hatay (672.6 ± 16.01 ppm) sırasıyla daha düşük seviyelerdedir.
- Myrcene: Hatay'da (4585.1 ± 72.1 ppm) yüksek bir düzeyde ölçülmüştür. Bursa (3039.2 ± 48.3 ppm) ve Ankara (3137.4 ± 68.1 ppm) bu bileşikte benzer yoğunluklar göstermiştir.
- Alpha-terpinene: Bursa (9618 ± 110 ppm) ve Ankara'da (9777.2 ± 78 ppm) en yüksek seviyelerde bulunmuştur. Hatay ise (4770.2 ± 72.1 ppm) nispeten daha düşük bir seviyededir.
- Terpinolene: Bursa'da (9173.8 ± 58 ppm) ve Ankara'da (7412.8 ± 62.1 ppm) öne çıkarken Hatay'da da belirgin bir şekilde yüksektir (4969.3 ± 103.1 ppm).
- Carvacrol: Ankara (5883.2 ± 6.7 ppm) ve Hatay (4990 ± 32.2 ppm) arasında yoğunluk farkı vardır. Bursa ise daha düşük bir seviyede kalmıştır (3549.6 ± 21.3 ppm).
- Thymol: Hatay (5903.8 ± 21.1 ppm), Bursa (3859.2 ± 43.8 ppm) ve Ankara (3872.3 ± 47.3 ppm) arasında farklılık göstermiştir

6. Aldehitler:

- Benzaldehyde, 3-methoxy: Hatay'da (9252.7 ± 125.2 ppm) oldukça yüksek bir seviyede bulunmuştur. Bursa (8407.6 ± 112.2 ppm) ve Ankara'da daha düşük seviyelerde ölçülmüştür.
- Cuminaldehyde: Sadece Bursa'da düşük seviyede (33.4 ± 2.3 ppm) tespit edilmiştir.

7. Fenoller:

- 2-allyl-4-methylphenol: Sadece Hatay'da (6385.8 ± 28.2 ppm) bulunmuştur.

Görüldüğü üzere Hatay, asitler, esterler, alkoller ve aldehitler, fenoller ve terpen maddeler olan thymol ve carvacrol gibi uçucu bileşiklerde liderdir. Bu, özellikle aroma bileşiklerinin yoğun olduğu bir kompozisyon sunmaktadır. Bursa, esterler, ketonlar, aldehitler ve bazı terpenlerde (alpha-terpinene, terpinolene gibi) yoğunluğuyla öne çıkmıştır. Ankara, asitler, ketonlar ve terpenik madde olan thymol ve carvacrolde ve ketonlarda üstünlük göstermiştir. Bu sonuçlar, bölgesel iklim, toprak yapısı ve bitki yetiştirme koşullarının kekik yağlarının kimyasal bileşimini nasıl etkilediğini açıkça göstermektedir. Bulgular, kekik uçucu yağlarının kimyasal profillerinin yetiştiği bölgeye bağlı olarak büyük ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar, çevresel faktörler, toprak yapısı, iklim ve genetik çeşitlilik gibi faktörlerden etkilenmiştir.

Kimyasal Bileşim Analizleri:

- Hatay kekiği, terpenler açısından en zengin içeriğe (%65.25) sahip olup, esterler (%8.48) ve aldehitler (%7.22) de yüksek oranlarda bulunmaktadır. Asitler (%2.38) ve fenoller (%4.80) açısından orta seviyelerde, ketonlar (%9.78) ve alkoller (%2.11) açısından ise daha düşük bir yoğunluk sergilemektedir. Hatay kekiği, bölgenin sıcak ve kurak iklim koşullarının etkisiyle karakteristik bir kimyasal profile sahiptir.
- Bursa kekiği, terpenler (%64.20) açısından öne çıkmakta olup, ketonlar (%16.16) ve aldehitler (%10.11) gibi bileşenlerde de zengin bir içeriğe sahiptir. Esterler (%6.00) ve asitler (%2.85) orta seviyelerde bulunurken, alkoller (%0.51) ve fenoller (%0.17) açısından daha düşük değerlere sahiptir. Bursa'nın nemli iklim koşulları, özellikle aldehit ve keton bileşiklerinin sentezini artırıcı bir rol oynamaktadır.

- Ankara kekiği, terpenler açısından en yüksek oranı (%73.88) barındıran profiliyle dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra ketonlar (%19.23) ve asitler (%4.12) açısından da zengindir. Ancak, esterler (%2.23), alkoller (%0.32), ve fenoller (%0.15) ve %0,07'si aldehitler olarak oldukça düşük seviyelerde bulunmuştur. Ankara'nın karasal iklimi, yüksek terpen konsantrasyonuna ve keton bileşiklerinin belirgin seviyelerde sentezine katkıda bulunmaktadır.

Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarı: Bursa kekiği en yüksek toplam antioksidan aktiviteye (2.72 ± 0.004 mM TEAC) sahip bulunmuştur. Bunu sırasıyla Hatay (2.49 ± 0.003 mM TEAC) ve Ankara (2.13 ± 0.003 mM TEAC) takip etmiştir. Bu farklılıklar, istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$).

Toplam fenolik madde miktarı açısından Bursa (2.51 ± 0.004 mg GAE/mL) ve Hatay (2.48 ± 0.005 mg GAE/mL) benzer ve yüksek değerlere sahipken, Ankara (1.97 ± 0.0005 mg GAE/mL) diğer örneklere göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur.

Antimikrobiyal Aktivite: Hatay kekiği, *Salmonella enterocolitica* (18.00 ± 0.4 mm inhibisyon zon çapı), *Escherichia coli* (15.00 ± 0.3 mm), *Staphylococcus aureus* (11.10 ± 0.4 mm) ve *Bacillus cereus* (17.50 ± 0.5 mm) gibi mikroorganizmalara karşı en yüksek antimikrobiyal aktiviteyi göstermiştir. Bu durum, Hatay kekiğinin kimyasal bileşimindeki antimikrobiyal özelliklere sahip bileşenlerin (örn. carvacrol, delta-3-carene) daha yüksek seviyelerde bulunmasıyla açıklanabilir.

Araştırma sonuçları, kekik uçucu yağlarının kimyasal kompozisyonunun yetiştiği bölgeye özgü faktörlerden etkilendiğini ve bu faktörlerin kekik yağlarının biyolojik aktivitelerini şekillendirdiğini göstermektedir. Hatay kekiği, fenolik madde miktarı, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri ile endüstriyel ve tıbbi uygulamalar için umut verici bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bursa kekiği ise yüksek antioksidan kapasitesi ve fenolik madde miktarı ile dikkat çekmektedir. Ankara kekiği, özellikle terpenler açısından benzersiz bir profile sahiptir. Bu bulgular, kekik uçucu yağlarının biyolojik aktivitelerinin ve endüstriyel uygulamalarının bölgesel olarak optimize edilebileceğini

göstermekte ve bölgesel farklılıkların önemini vurgulamaktadır. Kekik bitkisi, biyolojik ve farmakolojik potansiyeli yüksek bir doğal ürün olarak değerlendirilmelidir.

Uygulamalar ve Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler: Çalışma, Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen kekik bitkilerinin uçucu yağlarının kimyasal bileşimleri, antioksidan aktivite ve antimikrobiyal özelliklerini inceledi. Elde edilen bulgulara göre, kekik uçucu yağlarının kimyasal profilleri bölgesel farklılıklar göstermektedir. Bölgesel farklılıkların başlıca nedenleri, çevresel faktörler (iklim, toprak yapısı, nem) ve bitkilerin yetiştirme koşullarıdır. Hatay, Bursa ve Ankara bölgelerinden elde edilen örneklerde, bileşik gruplarının yüzdelik dağılımları ve bu bileşiklerin kimyasal profilleri belirgin şekilde değişmiştir. Özellikle, Hatay kekiği; esterler, alkoller ve aldehitler, terpenler, fenoller bakımından zengin bir kimyasal profile sahipken, Bursa kekiği; esterler, ketonlar, aldehitler ve terpenler açısından daha baskındır. Ankara kekiği ise asitler, ketonlar ve terpenik maddeler olan özellikle carvacrol ve thymol açısından zengin çıkmıştır. Bu bulgular, bölgesel farklılıkların, bitkilerin biyolojik aktivitelerini ve endüstriyel kullanım potansiyellerini nasıl etkileyebileceğini göstermektedir.

Antioksidan Aktivite: Bursa kekiği, en yüksek antioksidan kapasiteyi göstermiştir ardından Hatay ve Ankara örnekleri gelmiştir. Bu sonuçlar, çevresel faktörlerin, özellikle sıcaklık ve nemin, kekik bitkisinin antioksidan özelliklerini etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bursa'daki yüksek nem oranı ve ılıman iklimin, kekik bitkisinin daha yüksek antioksidan kapasitesini desteklemiş olabilir.

Fenolik Madde Miktarı: Fenolik madde miktarları açısından Bursa ve Hatay kekiği benzer ve yüksek bir profile sahipken, Ankara kekiği daha düşük fenolik bileşen içeriği ile dikkat çekmiştir. Fenolik bileşiklerin varlığı, kekik uçucu yağlarının antioksidan ve antimikrobiyal etkinliğini artıran önemli faktörlerdir. Bu farklılıklar, bölgesel iklim koşullarının ve toprak yapısının fenolik madde sentezini etkilediğini göstermektedir.

Antimikrobiyal Aktivite: Hatay kekiği, en yüksek antimikrobiyal etkinliği göstererek, *S. enterocolitica*, *E. coli*, *S. aureus* ve *B. cereus* gibi mikroorganizmalar üzerinde güçlü inhibisyon zonları oluşturmuştur. Bursa ve Ankara örnekleri ise daha düşük

antimikrobiyal etkinlikler sergilemiştir. Bu sonuçlar, Hatay kekiğinin daha zengin antimikrobiyal bileşenlere sahip olduğunu ve potansiyel olarak gıda koruma ve sağlık alanlarında daha etkili kullanılabileceğini göstermektedir.

- Endüstriyel Kullanım: Bölgesel farklılıklar göz önünde bulundurularak, her bölgenin kekik yağları, özelleşmiş endüstriyel uygulamalar için değerlendirilebilir. Örneğin, antioksidan özellikler yüksek olan Bursa kekik yağı, gıda endüstrisinde koruyucu olarak kullanılabilirken, Hatay kekik yağı, antimikrobiyal özellikleri nedeniyle ilaç veya dezenfektan sektörlerinde değerlendirilebilir.
- Biyolojik Aktivite Çalışmaları: Kekik uçucu yağlarının biyolojik aktivitelerinin daha detaylı araştırılması önemlidir. Özellikle farklı bileşenlerin etkileşimleri ve tek başlarına gösterdikleri biyolojik etkinlikler incelenmelidir.
- Farklı İklim ve Yetiştirme Koşulları: Çalışmalar, farklı iklim koşullarında ve toprak yapılarında yetiştirilen kekik bitkilerinin kimyasal bileşimlerini karşılaştırarak, çevresel faktörlerin etkisini daha iyi anlamaya yönelik genişletilebilir. Ayrıca, genetik çeşitliliklerin bu bileşimler üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Uygulamalı Araştırmalar: Kekik uçucu yağlarının kozmetik, gıda ve ilaç endüstrilerindeki potansiyel uygulamaları üzerine daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir. Özellikle antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere dayalı ürün geliştirme çalışmaları, bu yağların ticari değerini artırabilir.
- Biyoteknolojik Üretim: Kekik yağındaki biyoaktif bileşenlerin biyoteknolojik yollarla üretimi araştırılabilir. Bu, daha kontrollü ve sürdürülebilir üretim yöntemlerinin geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

KAYNAKLAR

- Abboud, M., El Rammouz, R., Jammal, B., Sleiman, M. (2015). In vitro and in vivo antimicrobial activity of two essential oils, *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia*, against bovine *Staphylococcus* and *Streptococcus mastitis* pathogens. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(4), 975-983.
- Abelan US, de Oliveira AC, Cacoci ÉSP, Martins TEA, Giacon VM, Velasco MVR, Lima CRRC. Potential use of essential oils in cosmetic and dermatological hair products: A review. *J Cosmet Dermatol* 2022, 21(4):1407-18.
- Acıbuca, V., Budak, D.B. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1), 37-44.
- Adame-Gómez, R., Cruz-Facundo, I. M., García-Díaz, L. L., Ramírez-Sandoval, Y., Pérez-Valdespino, A., Ortuño-Pineda, C., ... & Ramírez-Peralta, A. (2020). Biofilm Production by Enterotoxigenic Strains of *Bacillus cereus* in Different Materials and under Different Environmental Conditions. *Microorganisms*, 8(7), 1071
- Agaoglu, S., Dostbil, N., & Alemdar, S., (2007). Antimicrobial activity of some spices used in the meat industry. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 51, 53–57.
- Akbar S. (2020). *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae). In: *Handbook of 200 Medicinal Plants: A Comprehensive Review of Their Traditional Medical Uses and Scientific Justifications*. Springer, Cham, 2020: 1795-810.
- Alizadeh A, Alizadeh O, Amari G, Zare M, 2013. Essential oil composition, total phenolic content, antioxidant activity and antifungal properties of Iranian *Thymus daenensis subsp. daenensis* Celak. as influenced by ontogenetical variation. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16, 1, 59-70.
- Aljabeili, H. S., Barakat, H., & Abdel-Rahman, H. A. (2018). Chemical composition, antibacterial, and antioxidant activities of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*). *Food and Nutrition Sciences*, 9, 433–446.
- Alnamer, R., Alaoui, K., Boudida, E. H., Benjouad, A., Cherrah, Y. (2012). Sedative and hypnotic activities of the methanolic and aqueous extracts of *Lavandula officinalis* from Morocco. *Advances in Pharmacology and Pharmacy Science*, 2012, 270824.
- Alzoreky, N., Nakahara, K. 2003, Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia, *International Journal of Food Microbiology*, 80 (3), 223-230.
- Amiri, H., 2012. Essential Oils Composition and Antioxidant Properties of Three *Thymus* Species. *Research Article*. Hindawi Publishing Corporation Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine Volume 2012, Article ID 728065.

- Anonim (2020). Kekik Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/Projeler/Kekik+Fizibilite+Raporu+ve+Yatirimci+Rehberi.pdf> (Erişim Tarihi: 01.08.2024).
- Anonim (2022). Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Kekik Yetiştiriciliği. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi: https://denizli.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Download/Lifletler/BK_Kekik%20Yeti%20%9Ftiricili%20%9Fi.pdf (Erişim Tarihi: 10.08.2024).
- Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabrasta, P. (2006). Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12), 4364-4370.
- Arrigoni-Blank, M.F., Antonioli, A.R., Caetano, L.C., Campos, D.A., Blank, A.F., Alves, P.B. (2008). Antinociceptive activity of the volatile oils of *Hyptis pectinata* L. Poit. (Lamiaceae) genotypes. *Phytomedicine*, 15(5), 334–339.
- Aydın, S. (2003). Türkiye'de satılan kekik türleri ve kekik suları üzerine genotoksik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
- Aykaç, A., Teralı, K., Özbeyli, D., Ede, S., Albayrak, Ö., Başer, K.H.C., Şener, G., (2022). A multi-parameter evaluation of the neuroprotective and cognitive-enhancing effects of *Origanum onites* L. (Turkish Oregano) essential oil on scopolamine-induced amnesic rats. *Metabolic Brain Disease*, 37(4), 1041-1055 pp.
- Aziz, Z. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., Rafatullah, M., Ganash, M., Kamal, M. A., & Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: Extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential - A review. *Current Drug Metabolism*, 19, 000-000.
- Baboli, M, A. , Aghakhani, A., Bikdeloo, V., (2015). Application of Polyamide Nanofibers, SPME/GC-MS, and Chemometrics for Comprehensive Analysis of Volatiles in *Thymus vulgaris* L. and *Thymus serpyllum* L. *Food Anal. Methods* DOI 10.1007/s12161-015-0224-5 Received: 8 February 2015 /Accepted: 8 June 2015. Springer Science+Business Media New York 2015.
- Bagamboula, C., Uyttendaele, M., Debevere, J., (2004). Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *shigella sonnei* and *s. flexneri*, *Food microbiology*, 21 (1), 33-42.
- Bahtiyarca Bağdat, R. (2006). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları, Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve Ülkemizde Kekik Adıyla Bilinen Türlerin Yetiştirme Teknikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15 (1-2), 19-28
- Bahtiyarca Bağdat, R. (2011). Türkiye’de “kekik” olarak kullanılan bazı cins ve türlerin verim ve kalite özellikleri yönünden karşılaştırılması. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi.

- Baranauskaitė, J., Jakštas, V., Ivanauskas, L., Kopustinskiene, D. M., Drakšienė, G., Masteikova, R., & Bernatoniene, J. (2015). Optimization of carvacrol, rosmarinic, oleanolic and ursolic acid extraction from oregano herbs (*Origanum onites* L., *Origanum vulgare* spp. *hirtum* and *Origanum vulgare* L.). *Natural Product Research*, 30(6), 672–674.
- Basch, E., Ulbricht, C., Hammerness, P., Bevins, A., & Sollars, D. (2004). Thyme (*Thymus vulgaris* L.), thymol. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 4(1), 49–67.
- Başer, K. H. C., Özek, T., Tümen, G., Sezik, E. (1994). Ticari önemi olan Türk Origanum türlerinin uçucu yağları. *Taban Bülteni*, 10, 28–32.
- Başer, K.H.C. (2003). Sustainable wild harvesting of medicinal and aromatic plants: An educational approach. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/4/y4496e/y4496e35.htm> (Erişim tarihi: 16 Ağustos 2024)
- Başer, K.H.C., Kırmır, N. (2018). Essential oils of Anatolian Lamiaceae—An update. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 5(4), 1–28.
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.
- Baydar, H. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkiler bilim ve teknolojisi (s. 266-269). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Baydar H, Sangün MK, Erbaş S, Kara N, (2013). Comparison of Aroma Compounds in Distilled and Extracted Products of Sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 16(1): 39-44.
- Baydar H, Schulz H, Krüger H, Erbaş S, Kineci S, (2008). Influences of Fermentation Time, Hydro-Distillation Time and Fractions on Essential Oil Composition of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.). *JEOBP* 11(3): 224-232.
- Baydar, H. Çakan, S., Kara , N., (2020). Mikroalga destekli distilasyon ve ekstraksiyon metotlarının rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ve anason (*Pimpinella anisum* L.) meyvelerinin uçucu yağ oranına etkisi. *Araştırma Makalesi. Mediterranean Agricultural Sciences* 2020.33(1):117-122.
- Baylan, O., Abashı, H. E. (2005). *Yersinia enterocolitica* infeksiyonları. *Türk Mikrobiyol Cem Derg*, 35(3), 232-47.
- Bayraktar, Ö.V., Öztürk, G., Arslan, D. (2017). Türkiye’de Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Pazarlamasındaki Gelişmelerin Değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 216-229.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıllı, S., Telci, İ. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin artırılması olanakları. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, Ankara, 11-15 Ocak, 437-456.
- Baytop, T. (2021). Türkiye’de bitkiler ile tedavi geçmişte ve bugün. Ankara: Nobel Tıp Kitabevi.

- Becer, E., Mutlu Altundag, E., Başer, K.H.C., Vatansever, H.S. (2022). Cytotoxic activity and antioxidant effects of *Origanum onites* essential oil and its two major contents, carvacrol and p-Cymene on human colorectal (HCT116) and hepatocellular carcinoma (HepG2) cell lines. *Journal of Essential Oil Research*, 34(6), 514-523.
- Bekut, M., Brkić, S., Kladar, N., Dragović, G., Gavarić, N., Božin, B. (2018). Potential of selected Lamiaceae plants in anti (retro) viral therapy. *Pharmacological Research*, 133, 301–314.
- Benli, M., Yiğit Kayhan, N. (2005). Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8), 1-8.
- Bockemühl, J., & Wong, J. D. (2003). *Yersinia*. In P. R. Murray, E. J. Baron, M. A. Pfaller, J. H. Jorgensen, & R. H. Tenover (Eds.), *Manual of Clinical Microbiology* (8th ed., p. 672). ASM Press.
- Bostancıoğlu, R.B., Kürkçüoğlu, M., Başer, K.H.C., Koparal, A.T. (2012b). Assessment of anti-angiogenic and anti-tumoral potentials of *Origanum onites* L. essential oil. *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), 2002-2008.
- Bozdemir, Ç. (2019). Türkiye’de Yetişen Kekik Türleri, Ekonomik Önemi ve Kullanım Alanları. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 583-594.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., Anackov, G. (2006). Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1822–1828.
- Bozkurt, E., Atmaca, H., Kisim, A., Uzunoglu, S., Uslu, R., Karaca, B. (2012). Effects of *Thymus serpyllum* extract on cell proliferation, apoptosis and epigenetic events in human breast cancer cells. *Nutrition and cancer*, 64(8), 1245-1250
- Boztaş, G., Avcı, A. B., Arabacı, O., Bayram, E. (2021). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Dünyadaki ve Türkiye’deki Ekonomik Durumu. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 27-33
- Brocklehurst, T.F., Lund, B.M. (1990). The influence of pH, temperature and organic acids on the initiation of growth of *Yersinia enterocolitica*. *Journal of Applied Bacteriology*, 69(3), 390-397
- Burt, S., (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253.
- Butler, T. (2000). *Yersinia* species, including plague. “G L Mandell, J E Bennett, R Dolin (eds): Principles and Practice of Infectious Diseases”, p 2406, 5th edition, Churchill Livingstone, New York.

- Carović-Stanko, K., Orlić, S., Politeo, O., Strikić, F., Kolak, I., Miloš, M., Satović, Z. (2010). Composition and antibacterial activities of essential oils of seven *Ocimum* taxa. *Food Chemistry*, 119(1), 196–201.
- Celep, F., Dirmenci, T. (2017). Systematic and biogeographic overview of Lamiaceae in Turkey. *NVEO*, 4(4), 14–27.
- Ceylan, A., Bayram, E., Geren, A. (1999). Investigation on Agronomical and Quality Characteristics of Improved Clonnes in *Origanum* (*Origanum onites* L.) Breeding. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(11), 1-1.
- Chen, H., Davidson, P. M., ve Zhong, Q. (2014). Antimicrobial properties of nisin after glycation with lactose, maltodextrin and dextran and the thyme oil emulsions prepared thereof. *International Journal of Food Microbiology*, 191, 75–81.
- Chmielewski, R.A.N., Frank, J.F. (2003). Biofilm formation and control in food processing facilities. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1), 22-32.
- Chun, S.S., Vattem, D.A., Lin, Y.T., Shetty, K. (2005). Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. *Process Biochemistry*, 40(2), 809-816.
- Crocoll, C., Asbach, J., Novak, J. et al. Terpene synthases of oregano (*Origanum vulgare* L.) and their roles in the pathway and regulation of terpene biosynthesis. *Plant Mol Biol* 73, 587–603 (2010).
- Çağlayan, M. V. (2019). Ülkemiz’de doğu bölgesinde halk arasında kullanılan bazı yabancı kekik türlerinin kimyasal ve biyolojik yönden incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Çelen, M. (2006). Türkiye’de yayılış gösteren dört *Thymus* türünün uçucu yağ bileşimleri, antibakteriyel ve antifungal aktivite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çelen, S. (2006). Türkiye’de yayılış gösteren dört *Thymus* türünün uçucu yağ bileşimleri, antibakteriyel ve antifungal aktivite özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı). Balıkesir Üniversitesi.
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N., Polissiou, M.G. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2576–2581.
- Dambolena JS, Zunino MP, Lucini EI, Olmedo R, Banchio E, Bima PJ, Zygadlo JA. Total phenolic content, radical scavenging properties, and essential oil composition of *Origanum* species from different populations. *J Agric Food Chem*. 2010 Jan 27;58(2):1115-20
- Daugan, M.A.E., Abdullah, A. (2017). Medicinal and functional values of thyme (*Thymus vulgaris* L.) herb. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 5(02), 017-022.

- Davis, P.H., (1982). Flora Of Turkey And The East Aegean Islands. Edinburgh, Uk: Edinburguniversity Press, 7, 349-382
- Delamare, A.P.L., Moschen-Pistorello, I.T., Artico, L., Atti-Serafini, L., Echeverrigaray, S. (2007). Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. Food Chemistry, 100(2), 603–608.
- Demirci, B., Kırıcı, D., Öztürk, G., Demirci, F. (2022), The Effect of Extraction Time on *Origanum onites* L. Infusions and Essential Oils–Biological Evaluation, Statistical Principal Component and Hierarchical Cluster Analyses. Chemistry & Biodiversity.
- Deveci, F. (2016). Beyaz peynir üretiminde kullanılan farklı baharat türlerinin olgunlaşmaya etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Djermane, N., Gali, L., Arhab, R., Gherraf, N., Bensouici, C., Erenler, R., Gok, M., & Abdessamed, A. (2020). Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial, and enzyme inhibitory activities of *Erucaria uncata* and *Thymelea hirsuta*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 29, 101834.
- Dorman, H.D., Deans, S.G. 2000, Antimicrobial agents from plants antibacterial activity of plant volatile oils, Journal of applied microbiology, 88 (2), 308-316.
- Dundar, E., Olgun, E. G., Isiksoy, S., Kurkcuoglu, M., Baser, K.H.C., Bal, C. (2008). The effects of intra-rectal and intra-peritoneal application of *origanum onites* L. essential oil on 2, 4, 6-trinitrobenzenesulfonic acid-induced colitis in the rat, Experimental and Toxicologic Pathology, 59 (6), 399-408
- Ehsani, A., Hashemi, M., Hosseini Jazani, N., Aliakbarlu, J., Shokri, S., ,Naghibi, S. S. (2016). Effect of *Echinophora platyloba* DC. essential oil and lycopene on the stability of pasteurized cream obtained from cow milk. Veterinary Research Forum, 7(2),139–148.
- El-Midaoui, A., Khallouki, F., Couture, R., Moldovan, F., Ismael, M.A., Ongali, B., Akoume, M.Y., Alem, C., Ait-Boughrou, A., Zennouhi, W., Roqai, M.C., Hajji, L., Ghzaïel, I., Vejux, A., Lizard, G. (2023). *Thymus atlanticus*: A source of nutrients with numerous health benefits and important therapeutic potential for age-related diseases. Nutrients, 15(18), 4077.
- Eruygur, N., Ataş, M., Çevir, Ö., Tekin, M.,(2017). Investigating of Phytochemicals, Antioxidant, Antimicrobial and Proliferative Properties of Different Extracts of *Thymus spathulifolius* Hauskn. and Velen. Endemic Medicinal Plant from Sivas, Turkey, International Journal of Secondary Metabolite, 4(3, Special Issue 1), 155-166.
- Fani, M., Kohanteb, J., (2017). In Vitro Antimicrobial Activity of *Thymus vulgaris* Essential Oil Against Major Oral Pathogens. Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine 2017, Vol. 22(4) 660-666.

- FAO. 2002. Impact of Cultivation and Gathering of Medicinal Plants on Biodiversity: Global Trends and Issues. Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/4/AA010E/AA010e01.htm> (Erişim tarihi: 16 Ağustos 2024)
- FAO. 2005. Trade in medicinal plants. Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/4/af285e/af285e00.htm> (Erişim tarihi: 16 Ağustos 2024)
- Frezza, C., Venditti, A., Serafini, M., Bianco, A. (2019). Phytochemistry, chemotaxonomy, ethnopharmacology, and nutraceuticals of Lamiaceae. *Studies in Natural Products Chemistry*, 62, 125–178.
- González, M. D., Luis, C. M., & Lanzelotti, P. L. (2013). Polyphenolic profile of *Origanum vulgare* L. ssp. *viridulum* from Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39(2), 135–146.
- Greenwood, M.H., Hooper, W.L. (1985). *Yersinia* spp. in foods and related environments. *Food microbiology*, 2(4), 263-269.
- Gül, N. (2023). Türkiye’de tüketime sunulan kekik yağlarının antioksidan özellikleri (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya.
- Gündogan, G.I., Nath, E.Ö. (2021). In vitro physiological effects of *origanum onites* L. (lamiaceae) essential oil treatment on human origin cell lines. *Turkish Journal of Botany*, 45(2), 158-171
- Gürbüz, B., İpek, A., Ayvaz, N. (2011). Türkiye Florasındaki *Origanum* Türlerinin Yayılış Alanları ve Ticareti, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4 (2), 55-58.
- Güzel, C., 2019. Kızılcıam (*pinus brutia* ten.)’da Yüksekliğe Bağlı Terpen Profillerinin Varyasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Denizli.
- Hajhashemi, V., Ghannadi, A., Sharif, B. (2003). Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill. *Journal of Ethnopharmacology*, 89(1), 67–71.
- Holley, R.A., Patel, D., 2005, Improvement in shelf life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials, *Food microbiology*, 22 (4), 273-292
- Hosseinzadeh, S., Jafarikukhdan, A., Hosseini, A., Armand, R. (2015). The Application of Medicinal Plants in Traditional and Modern Medicine: A Review of *Thymus vulgaris*. *Int J Clin Med*. 6(9): 635-42.
- Hosseinzadeh, Y.E., Mircheraghi, F., Mohammadzadeh, M.H., Mojalli, M. (2018). Effect of *Thymus Vulgaris* Inhaling on Wheezing and Respiratory Rate in Patients with Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Intern Med Today* 24 (1): 29-34
- Hussain, A.I., Anwar, F., Iqbal, T., Bhatti, I.A. (2011). Antioxidant attributes of four Lamiaceae essential oils. *Pakistan Journal of Botany*, 43(2), 1315–1321.

- Iauk, L., Acquaviva, R., Mastrojeni, S., Amodeo, A., Pugliese, M., Ragusa, M., Loizzo, M.R., Menichini, F., Tundis, R., (2015). Antibacterial, antioxidant and hypoglycaemic effects of *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. Et Link leaves' fractions, Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry, 30(3).360-365.
- Ikram, S., Heikal, A., Finke, S., Hofgaard, A., Rehman, Y., Sabri, A.N., Økstad, O.A. (2019). Bacillus cereus biofilm formation on central venous catheters of hospitalised cardiac patients. Biofouling, 35(2), 204-216.
- Ingok, M., Çatalakaya, G., Çapanoğlu, G., Güler, F., (2021). Antioxidant and antimicrobial activities of fennel, ginger, oregano and thyme essential oils. Reserch Article. Food Frontiers. DOI:10.1002/fft2.77.
- Jemaa, M. B., Falleh, H., Serairi, R., Neves, M. A., Snoussi, M., Isoda, H., Nakajima, M., Ksouri, R. (2018). Nanoencapsulated *Thymus capitatus* essential oil as natural preservative. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 45, 92-99
- Joma, M.H. (2018). Thymbra spicata L. var. spicata (zahter) bitki özütlerinin DNA koruyucu aktivitelerinin ve Stenotrophomonas maltophilia üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Gaziantep Üniversitesi.
- Kaçar, O., Göksu, E., Azkan, N. (2006). İzmir Kekiğinde (*Origanum onites* L.) Farklı Sıklıkların Bazı Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi The Effect of Different Plant Densities on Some Agronomic and Quality Characteristics of Oregano (*Origanum onites* L.). (2).
- Karaca Öner, E. (2020). Odun dışı bitkisel ürünler. In G. Özyazıcı (Ed.), Research in Medicinal and Aromatic Plants (Bölüm 5). Iksad Publications.
- Karagül-Yüceer, Y., Cadwallader, K. R. ve Drake, M. A., (2002). Volatile flavor compounds of stored nonfat dry milk. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 350- 312.
- Kato, Y., Ito, K., Kubokura, Y., Maruyama, T., Kaneko, K., Ogawa, M. (1985). Occurrence of Yersinia enterocolitica in wild-living birds and Japanese serows. Applied and Environmental Microbiology, 49(1), 198-200.
- Kaytanlıoğlu, E., Sarıkaya, A., Fakir, H. (2022) . İki Farklı Yörede Doğal Yayılış Gösteren Aş kekiği (*Thymus longicaulis subsp. longicaulis*)'nin Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi. Araştırma Makalesi .Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 35, S. 76-81, Nisan ,2022.
- Khan, A. A., Amjad M. S., ve Saboon, (2019). GC-MS analysis and biological activities of *Thymus vulgaris* and *Mentha arvensis* essential oil. Turkish Journal of Biochemistry, 44(3), 388–396.
- Khan, S.T., Khan, M., Ahmad, J., Wahab, R., Abd-Elkader, O.H., Musarrat, J., Alkathlan, H.Z., Al-Kedhairi, A.A. (2017). Thymol and carvacrol induce autolysis, stress, growth inhibition and reduce the biofilm formation by Streptococcus mutans. AMB Express, 7(1), 49.

- Kılıç, A. (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10 (13), 37-45.
- Kiper, F., (2015). Katıfaz Mikroekstraksiyon ve Yüksek Vakum Distilasyon Teknikleri kullanılarak Geleneksel Yöntemle Kurutulmuş ve Endüstriyel olarak İşlenmiş İsoot baharatında aroma Bileşenlerinin Belirlenmesi.Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,Hatay.
- Komaki, A., Hoseini, F., Shahidi, S., Baharlouei, N. (2015). Study of the effect of extract of *Thymus vulgaris* on anxiety in male rats. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 6(3), 257-261.
- Koparal, A.T., Zeytinoğlu, M. (2003). Effects of Carvacrol on a Human Non Small Cell Lung Cancer (NSCLC) Cell Line, A549. Cytotechnology, 43(1-3), 149-154.
- Kosakowska, O., Węglarz, Z., Styczyńska, S., Synowiec, A., Gniewosz, M., & Bączek, K. (2024). Activity of Common Thyme (*Thymus vulgaris L.*), Greek Oregano (*Origanum vulgare L. ssp. hirtum*), and Common Oregano (*Origanum vulgare L. ssp. vulgare*) Essential Oils against Selected Phytopathogens. Molecules, 29(19), 4617.
- Kubatka, P., Uramova, S., Kello, M., Kajo, K., Samec, M., Jasek, K., ... Büsselberg, D. (2019). Anticancer Activities of *Thymus vulgaris L.* in Experimental Breast Carcinoma In Vivo and In Vitro. International Journal of Molecular Sciences, 20(7).
- Kwaga, J.K.P., Agbonlahor, D.E., Adesiyun, A.A., Lombin, L.H. (1986). The sensitivity to antimicrobial agents of species ofyersinia isolated from cattle and pigs in Nigeria. Veterinary Microbiology, 12(4), 383-388.
- Lambert, R., Skandamis, P.N., Coote, P.J., Nychas, G.J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol, Journal of applied microbiology, 91 (3), 453-462.
- Lim, J. Y., Yoon, J. W., & Hovde, C. J. (2010). A brief overview of Escherichia coli O157 and its plasmid O157. Journal of Microbiology and Biotechnology, 20(1), 5–14.
- Lin C-W, Yu C-W, Wu S-C, Yih K-H, (2009). DPPH free-radical scavenging activity, total phenolic contents and chemical composition analysis of forty-two kinds of essential oils. Journal of Food and Drug Analysis, 17,5, 386-395.
- Loreto, F., Forster, A., Dürr, M., Csiky, O, Sevfert, G., (1998).On the monoterpene emission under heat stress and on the increased thermotolerance of leaves of *Quercus ilex L.* fumigated with selected monoterpenes.Plant. Cell. Environ., 21(1), 101-107,
- Luna-Guevara, J. J., Arenas-Hernandez, M. M. P., Martínez De La Peña, C., Silva, J. L., & Luna-Guevara, M. L. (2019). The role of pathogenic E. coli in fresh vegetables: Behavior, contamination factors, and preventive measures. International Journal of Microbiology, 2019, 1–10.

- Malayoğlu, H. B., Aktaş, B., & Yeşil-Çelikleş, Ö. (2011). Total phenolic contents and antioxidant activities of the essential oils from some plant species. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3), 211–215.
- Mailam, M. A., Aamer, R. A., & El-Kholy, W. M. (2017). The effect of some essential oils on the quality of soft cheese treated with ultrafiltration during storage. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 14(1), 13–27. <https://doi.org/10.12816/0038401>
- Mancini E, Senatore F, Del Monte D, De Martino L, Grulova D, Scognamiglio M, Snoussi M, De Feo V, (2015). Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Molecules*, 20, 7, 12016-12028.
- Maral, H., Türk, M., Çalışkan, T., Kafkas, N. E., & Kırıcı, S. (2017). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils of six Labiates growing in Southern Turkey. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 4(4), 62–68.
- Marrelli, M., Statti, G.A. & Conforti, F. *Origanum spp.*: an update of their chemical and biological profiles. *Phytochem Rev* 17, 873–888 (2018).
- Mazida, M.M., Salleh, M.M., Osman, H., (2005). Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annuum*) during stages of maturity using solid phase microextraction (SPME). *Journal of Food Composition and Analysis*. 18: 427–437.
- Miraj, S., & Kiani, S. (2016). Study of pharmacological effect of *Thymus vulgaris*: A review. *Der Pharmacia Lettre*, 8(9), 315–320.
- Mishra, A. P., Devkota, H. P., Nigam, M., Adetunji, C. O., Srivastava, N., Saklani, S., Shukla, I., Azmi, L., Shariati, M. A., Coutinho, H. D. M., & Khaneghah, A. M. (2020). Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions
- Mohammed, R.K., Musa, F.H., Mehdi, B.Y., Al-Rawe, A.M.(2020). Impacts of the alcoholic extract and essential oil of thymus vulgaris L. Against the causative agent of acne formation (*Staphylococcus aureus*). *Sys Rev Pharm* 11(2): 495-8.
- Mossa AT, Nawwar GA. (2010). Free radical scavenging and antiacetylcholinesterase activities of *Origanum majorana* L. essential oil. *Hum Exp Toxicol*. U7y30(10):1501-13
- Najafi, M. (2023). Arbuscular mikorizal mantarın kuraklık stres durumu altında kekik bitkisinin (*Origanum onites* L.) büyüme, beslenme ve kalite parametreleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Oubannin S, Asbbane A, Goh KW, Singh J, Zafar I, Bouyahya A, Gharby S.(2024). Green enrichment of argan oil (*Argania spinosa* L.) with thyme (*Thymus vulgaris* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) leaves: Evaluating quality and stability improvements. *Food Chem X*. Sep 7;24:101818.

- Okut, N., (2018). Thymusfedtschenkoi (Ronniger) Uçucu Yağındaki Kimyasal Varyasyon.Araştırma Makalesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü. YYÜ Tar. Bil Derg (Yyu J Agr Sci) 2018, 28(3): 325-330.
- Öner, U. (2023). Koronavirüs hastalarında kekik yağı ile yapılan aromaterapinin hastalık semptomları, yaşam bulguları ve hemodinamik parametreler üzerine etkisi Doktora tezi, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Özbek Yazıcı, S., Aşkın, B., & Kaynarca, G. B. (2020). Determination of Antioxidant Properties and Composition of Rosemary and Thyme Essential Oils. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 8(10), 2105–2112.
- Özel, M. Z., Kaymaz, H., (2004). Superheated water extraction, steam distillation and Soxhlet extraction of essential oils of Origanum onites. Pamukkale Üniversitesi. Fen-Edebiyat Fakültesi Koleksiyonu. 2004.
- Özer, Z. (2020). Chemical Composition and Antioxidant Activities of Leaf and Flower Essential Oils of Origanum onites L. (Lamiaceae) Growing in Mount Ida-Turkey. JOTCSA, 7(3), 813-833.
- Özkan, A., Erdoğan, A., Özkan, A., Erdoğan, A. (2011). A comparative evaluation of antioxidant and anticancer activity of essential oil from Origanum onites (Lamiaceae) and its two major phenolic components. Turkish Journal of Biology, 35(6), 11, 735-742.
- Özkan, M., Soy, E. (2007). Morphology, anatomy, hair and karyotype structure of Salvia blepharoclaena Hedge and Hub.-Mor. (Lamiaceae), endemic to Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(6), 893-898.
- Özkök, A., Koru, Ö., Sorkun, K. (2016). Microbiological analysis and antibacterial effects of Turkish thyme honey. Bee World, 93(4), 98-101.
- Packiyasothy, E., Kyle, S. 2002, Antimicrobial properties of some herb essential oils, Food Australia, 54 (9), 384-387
- Padmanabhan, N., Ushijima, T., Tan, P. (2017). How to stomach an epigenetic insult: the gastric cancer epigenome. Nature reviews. Gastroenterology & hepatology, 14(8), 467-478.
- Parzhanova, A., Yanakieva, V., Vasileva, I., Momchilova, M., Dimitrov, D., Ivanova, P., & Tumbarski, Y. (2023, November 21). Physicochemical, antioxidant, and antimicrobial properties of three medicinal plants from the western part of the Rhodope Mountains, Bulgaria. Life (Basel), 13(12), 2237.
- Peana, A., D'aquila, P., Panin, F., Serra, G., Pippia, P. and Moretti, M., (2002). Antiinflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. Phytomedicine, 9(8), 721-726.
- Pirbalouti, A.G., Samani, M.R., Hashemi, M., Zeinali, H. (2014). Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical compositions of thyme (Thymus daenensis Celak.) under reduced irrigation. Plant Growth Regulation, 72(3), 289-301

- Qian M, Reineccius G. (2002). Identification of aroma compounds in Parmigiano-Reggiano cheese by gas chromatography/olfactometry. *J Dairy Sci.*Jun;85(6):1362-9.
- Rahnama, H., Azari, R., Yousefi, M.H., Berizi, E., Mazloomi, S.M., Hosseinzadeh, S., Derakhshan, Z., Ferrante, M., Conti, G.O. (2023). A systematic review and meta analysis of the prevalence of *Bacillus cereus* in foods. *Food Control*, 143, 109250.
- Rai, P.K., Tripathi, B.D. 2007 Microbial contamination in vegetables due to irrigation with partially treated municipal wastewater in a tropical city. *Int J Environ Health Res.* 17(5) :389–95.
- Rizwan, B., Zahur, M., Azhar, N., Khalid, S., Sajid, N., & Qadeer, S. (2020). Therapeutic potential of *Thymus vulgaris*: A review. *Annals of Research*, 3, 147–161
- Ruberto, G., & Baratta, M. T. (2000). Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chemistry*, 69(2), 167–174.
- Saçikara, S. (2023). Domateste hasat sonrası kitosan ve kekik yağı uygulamalarının soğukta muhafaza süresince kalite kriterleri üzerindeki etkisi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sadikoğlu, N. (2005). Kekik Olarak Kullanılan Türler Üzerinde Farmasötik Botanik Araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Sağun, E., Ergün, Ö. (1996). Gıdalarda *Yersinia enterocolitica* ve önemi Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 7(1), 117-120
- Sakkas H, Papadopoulou C. (2017). Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J Microbiol Biotechnol.* Mar 28;27(3):429-438.
- Salehi, B., Mishra, A.P., Shukla, I., Sharifi-Rad, M., Contreras, M.D.M., Segura-Carretero, A., Fathi, H., Nasrabad, N.N., Kobarfard, F., Sharifi-Rad, J. (2018). Thymol, thyme, and other plant sources: Health and potential uses. *Phytotherapy Research*, 32(9), 1688-1706.
- Salmalian H, Saghebi R, Moghadamnia AA, Bijani A, Famarzi M, Nasiri Amiri F, Bakouei F, Behmanesh F, Bekhradi R. (2014). Comparative effect of thymus vulgaris and ibuprofen on primary dysmenorrhea: A triple-blind clinical study. *Caspian J Intern Med* 5(2): 82-8.
- Sambath, G., Komalavalli, N., Ravikumar, R. (2015). Traditional healthcare practice for common ailments of children in Pudukkottai district, Tamil Nadu: A survey. *Indian Journal of Natural Sciences*, 6(33), 10475–10483.
- Sancaktaroğlu, S., Bayram, E. (2011). Farklı kökenli İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* L.) popülasyonlarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3), 265-276.
- Sanches-Silva, A., Tewari, D., Sureda, A., Süntar, İ., Belwal, T., Battino, M., Nabavi, S. (2021). The evidence of health benefits and food applications of *Thymus vulgaris* L. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 218-227.

- Sancheti, J., Shaikh, M.F., Chaudhari, R., Somani, G., Patil, S., Jain, P., Sathaye, S. (2014). Characterization of anticonvulsant and antiepileptogenic potential of thymol in various experimental models. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* 387(1): 59-66.
- Santos, S. F. dos, Cardoso, R. de C. V., Borges, Í. M. P., Almeida, A. C. e., Andrade, E. S., & Ferreira, I. O. (2020). Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes, and reduction strategies. *Waste Management*, 101, 161–170.
- Sardari, S., Mobaiend, A., Ghassemifard, L., Kamali, K., & Khavasi, N. (2021). Therapeutic effect of thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on patients with COVID-19: A randomized clinical trial. *Journal of Advanced Medical and Biomedical Research*, 29(133), 83–91.
- Sarı, A.O., Altunkaya, M. (2020). Doğadan Tarlaya... Kekik. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*. 22-27. https://carmedilac.com.tr/wp-content/uploads/2020/08/dogadan_tarlaya_kekik_4.pdf.
- Semnani, K. , Rostami, B., ve Akbarzadeh, M. (2006).“Essential oil composition of thymus kotschyanus and thymus pubescens from Iran,” *Journal of Essential Oil Research*, vol. 18, no. 3, pp. 272–274.
- Semiz, G., Heijari, J., Isik, K. and Holopainen, J., (2007).Variation in needle terpenoids among *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) provenances from Turkey.*Biochem System. Ecol*, 35(10), 652-661.
- Segvić Klarić M, Kosalec I, Mastelić J, Piecková E, Pepeljnak S. 2007, Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. *Lett Appl Microbiol* 44(1): 36-42.
- Shahla, S.N. (2012). Chemical composition and in vitro antibacterial activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. essential oil against some pathogenic bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 6(7), 1504–1508.
- Shree, P., Mehta, N., Chatli, M. K., Wagh, R. V., & Panwar, H. (2019). In-vitro evaluation of antimicrobial and antioxidant efficacy of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil. *Journal of Animal Research*, 9(3), 443–449.
- Skandamis, P., Tsigarida, E., Nychas, G.E. 2002, The effect of oregano essential oil on survival death of salmonella typhimurium in meat stored at 5 oC under aerobic, VP/MAP conditions, *Food Microbiology*, 19 (1), 97-103.
- Söğütlü, F. (2023). Kekik yağının mide kanserindeki antikanser rolünün epigenetik açıdan değerlendirilmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Spyridopoulou, K., Fitsiou, E., Bouloukosta, E., Tiptiri-Kourpeti, A., Vamvakias, M., Oreopoulou, A., ... Chlichlia, K. (2019). Extraction, Chemical Composition, and Anticancer Potential of *Origanum onites* L. Essential Oil. *Molecules*, 24(14)

- Stevens, J., Senaratna, T., Sivasithamparam, K., 2006, Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation, *Plant Growth Regul* 49: 77-83
- Taarit, M.B., Msaada, K., Hosni, K., Marzouk, B. (2010). Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. *Food Chemistry*, 119(3), 951–956.
- Tacket, C. O., Narain, J. P., Sattin, R., Lofgren, J. P., Konigsberg, C., Rendtorff, R. C., & Cohen, M. L. (1984). A multistate outbreak of infections caused by *Yersinia enterocolitica* transmitted by pasteurized milk. *Jama*, 251(4), 483- 486.
- Tan, A. (2010). Türkiye bitki genetik kaynakları ve muhafazası. *Anadolu Journal of Agricultural Research Institute*, 20(1), 7-25.
- Tanker, N., Koyuncu, M., Coşkun, M. (1998). *Farmasötik botanik*. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları.
- Taran, M., Karimi, N., Abdi, J., Sohailikhah, Z., Asadi, N. (2013). Larvicidal effects of essential oil and methanolic extract of *Hymenocarter longiflorus* (Lamiaceae) against *Echinococcus granulosus*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 85–91.
- Tekin, S. B. (2013). Bazı *Origanum* türleri ve biyoaktif bileşenlerinin fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Temel, M., Tokur, S., (2014). *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) Alttürlerinin Karşılaştırmalı Anatomisi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(3):150-155.
- Tepe, B., Çakır, A., Tepe, A.S. (2016). Medicinal Uses, Phytochemistry, and Pharmacology of *Origanum onites* (L.): A Review. *Chemistry & Biodiversity*, 13(5), 504-520.
- Thompson, J. D., Chalchat, J. C., Michet, A., Linhart, Y. B., & Ehlers, B. (2003). Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. *Journal of Chemical Ecology*, 29(4), 859–880.
- Thummajitsakul, S., Peansanit, P., Saeieo., Silprasit,K., Sirirat ,J., 2023. FTIR and multivariate analysis of total phenolic content, antioxidant and anti-amylase activities of extracts and milk of *Glycine max* L. and *Phaseolus vulgaris* L. *Electronic Journal of Biotechnology*. July 2023. Page 69-75.
- TOB (2020). Kekik Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/Projeler/Kekik+Fizibilit e+Raporu+ve+Yatirimci+Rehberi.pdf> (Erişim Tarihi: 01.08.2024).

- TOB (2022). Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Kekik Yetiştiriciliği. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi: https://denizli.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Download/Lifletler/BK_Kekik%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf (Erişim Tarihi: 10.08.2024).
- Topuz, E., Madanlar, N. (2006). Bitkisel Kökenli Eterik Yağlar ve Zararlılara Karşı Kullanım Olanakları. *Derim*, 23(2), 54-66.
- Torlak, E. 2009. Doğal antimikrobiyal maddeler ile hazırlanan yenilebilir ve kaplanmış plastik filmlerin gıda kaynaklı bazı patojenlere etkileri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya
- Torres Neto L, Monteiro MLG, Machado MAM, Galvan D, Conte Junior CA. An Optimization of Oregano, Thyme, and Lemongrass Essential Oil Blend to Simultaneous Inactivation of Relevant Foodborne Pathogens by Simplex-Centroid Mixture Design. *Antibiotics (Basel)*. 2022 Nov 8;11(11):1572.
- TPMK (2022). Türk Patent ve Marka Kurumu. <https://ci.turkpatent.gov.tr/veri-tabani>. Erişim Tarihi: 15.08.2024.
- Tuğlu Ü, Baydar H, Erbaş S, (2021). Distilasyon Yöntemlerinin, Sürelerinin ve Fraksiyonlarının Kekik (*Origanum onites L.*) Uçucu Yağ Oranları ve Bileşenleri Üzerine Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(4): 3195-3202
- Tunca, H., Yeşilyurt, M.E. (2017). Türkiye ve Dünya’da Kekik. DTB Raporu, Denizli.
- Turhan, D. (2015). Bazı esansiyel yağların *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* üzerine antimikrobiyal etkisinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı, İstanbul.
- TÜİK (2021). Dış Ticaret Sınıflamaları. Türkiye İstatistikler Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumListeAction.do?turId=3&tu rAdi=%203.%20D%C4%B1%C5%9F%20Ticaret%20S%C4%B1n%C4%B 1flamalar%C4%B1&guncel=Y> Erişim tarihi: 9.08.2024
- TÜİK (2022a). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim Tarihi: 15.08.2024
- TÜİK, (2022b). Dış Ticaret İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/disticaret.zul?param1=25¶m2=0&site rev=0&isicrev=0&sayac=5802> Erişim Tarihi: 15.08.2024
- Uğuz, A. (2017). Çay olarak da tüketilen bazı bitkilerdeki ağır metal içeriğinin AAS ile tayini. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Üstü Y, Uğurlu M. Kekiğin tıbbi kullanımı. *Ankara Med J* 2018, (2): 242-5
- Venditti, A., Frezza, C., Celona, D., Sciubba, F., Foddai, S., Delfini, M., Bianco, A. (2017). Phytochemical comparison with quantitative analysis between two flower

- phenotypes of *Mentha aquatica* L. pink-violet and white. *AIMS Molecular Science*, 4(3), 288–300.
- Verma, R. S., Padalia, R. C., Goswami, P., Upadhyay, R. K., Singh, V. R., Chauhan, A., & Tiwari, A. K. (2016). Assessing productivity and essential oil quality of Himalayan thyme (*Thymus linearis Benth.*) in the subtropical region of north India. *Industrial Crops and Products*, 94, 557–561.
- Vilain, S., Pretorius, J. M., Theron, J., & Brözel, V. S. (2009). DNA as an adhesin: *Bacillus cereus* requires extracellular DNA to form biofilms. *Applied and environmental microbiology*, 75(9), 2861-2868.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2007). Antifungal activities of thyme, clove and oregano essential oils. *Journal of Food Safety*, 27(1), 91–101.
- Xue, J., Davidson, P. M., & Zhong, Q. (2017). Inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* growth in milk and cantaloupe juice by thymol nanoemulsions prepared with gelatin and lecithin. *Food Control*, 73, 1499-1506
- Yabalak, E., Özbilen, T. (2022). Proceedings of the International Anatolian Congress on Multidisciplinary Scientific Research, August 12-13, 2022, Mardin. IKSAD.
- Yaşar, S. , Sicim , N. (2021). Çeşitli gübre karışımı uygulamaları ve hasat zamanının kekik (*Thymus sipyleus* BOISS. subsp. *sipyleus* BOISS. var. *sipyleus* L.) bitkisinin ana uçucu bileşenleri üzerine etkileri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 2021, 22(2): 151-156.
- Yılmaz, D. Ç., Özdoğan O, Bulut G, Seyhan S. A.,(2019). İki Kekik Türünün (*Thymbra spicata* var. *Spicata* ve *Origanum onites*) Antioksidan Aktivitelerinin karşılaştırılması. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 1, 2, 296-306, 2019.
- Yazıcı, S. Ö., Aşkın, B., & Kaynarca, G. B. (2020). Determination of antioxidant properties and composition of rosemary and thyme essential oils. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 8(10), 2105–2112.
- Yin, M.C., Cheng, W.S. 2003. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef, *Meat Science*, 63 (1), 23-28.
- Zeybek, U., Haksel, M., (2011). Türkiye’de ve Dünyada Önemli Tıbbi Bitkiler ve Kullanımları, Argefar & Helvacızade Sağlık Yayınları, İzmir, 221 s
- Zeytinoglu, H., Incesu, Z., Baser, K.H.C. (2003). Inhibition of DNA synthesis by Carvacrol in mouse myoblast cells bearing a human N-RAS oncogene. *Phytomedicine*, 10(4), 292-299

EKLER

EK 1 Trolox Standart Eğrisi

EK 2 Gallik Asit Standart Eğrisi

EK 3 Kekik uçucu yağ örneklerinin Terpen Bileşenleri Oranları (%)

EK 4 Alkan Serisi

EK 5 Bursa uçucu yağ örneğine ait uçucu bileşen kromotogram profili

EK 6 Bursa uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

EK 7 Bursa uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

EK 8 Hatay uçucu yağ örneğine ait uçucu bileşen kromotogram profili

EK 9 Hatay uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

EK 10 Hatay uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

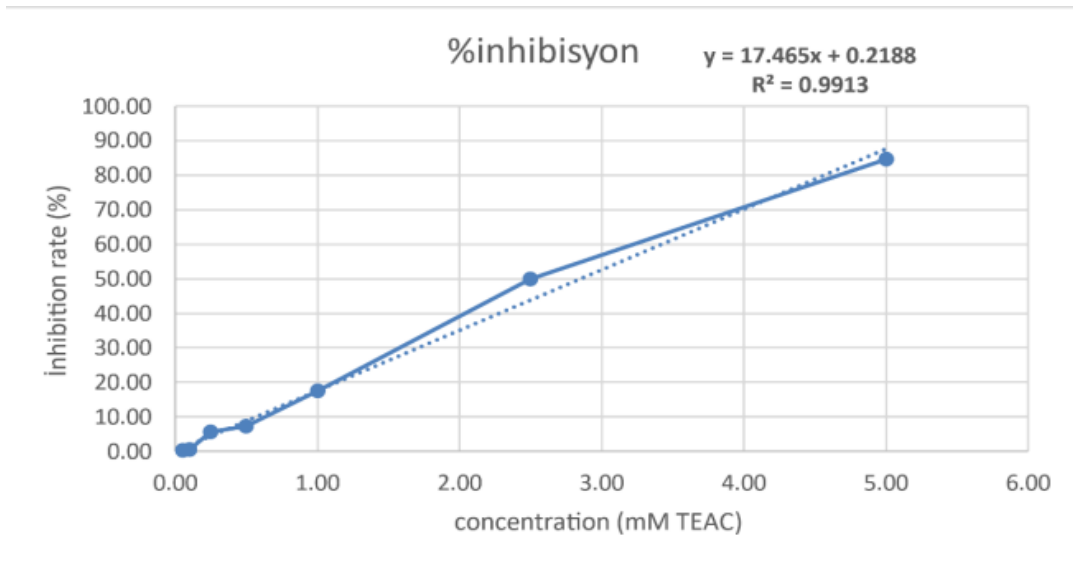
EK 11 Hatay uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

EK 12 Ankara uçucu yağ örneğinin uçucu bileşenlerine ait kromotogram profili

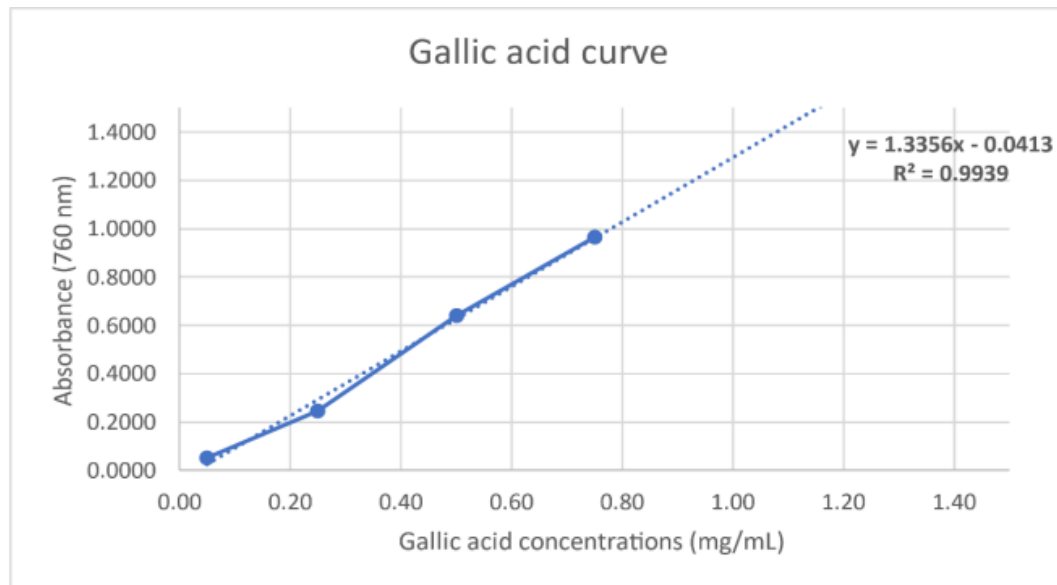
EK 13 Ankara uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

EK 14 Ankara uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

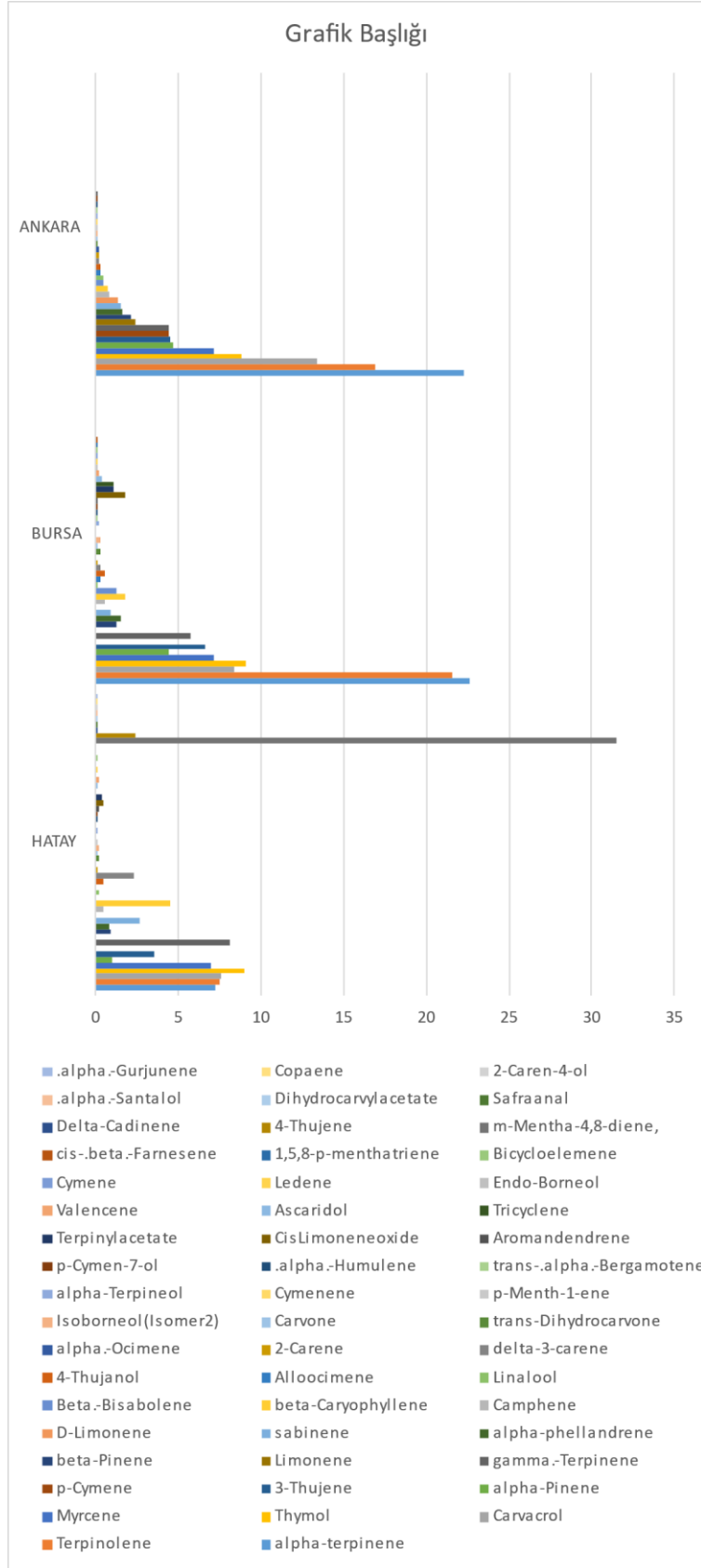
EK 1 Trolox Standart Eğrisi



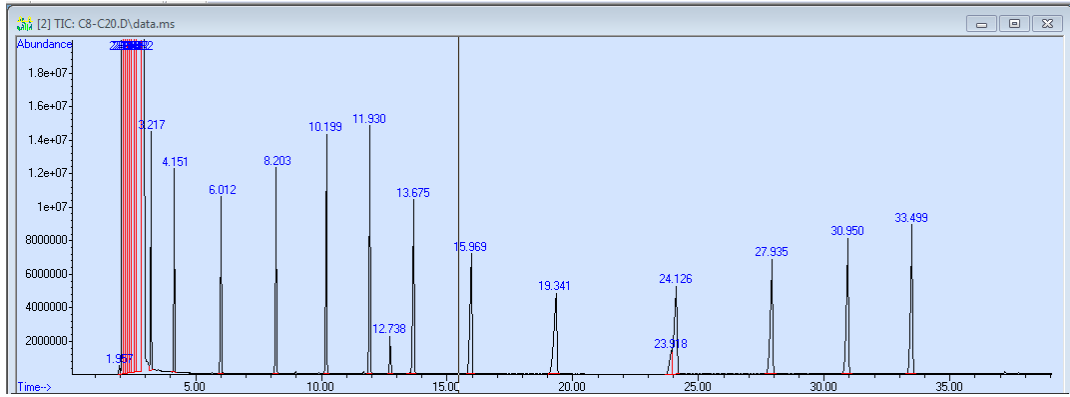
EK 2 Gallik Asit Standart Eğrisi



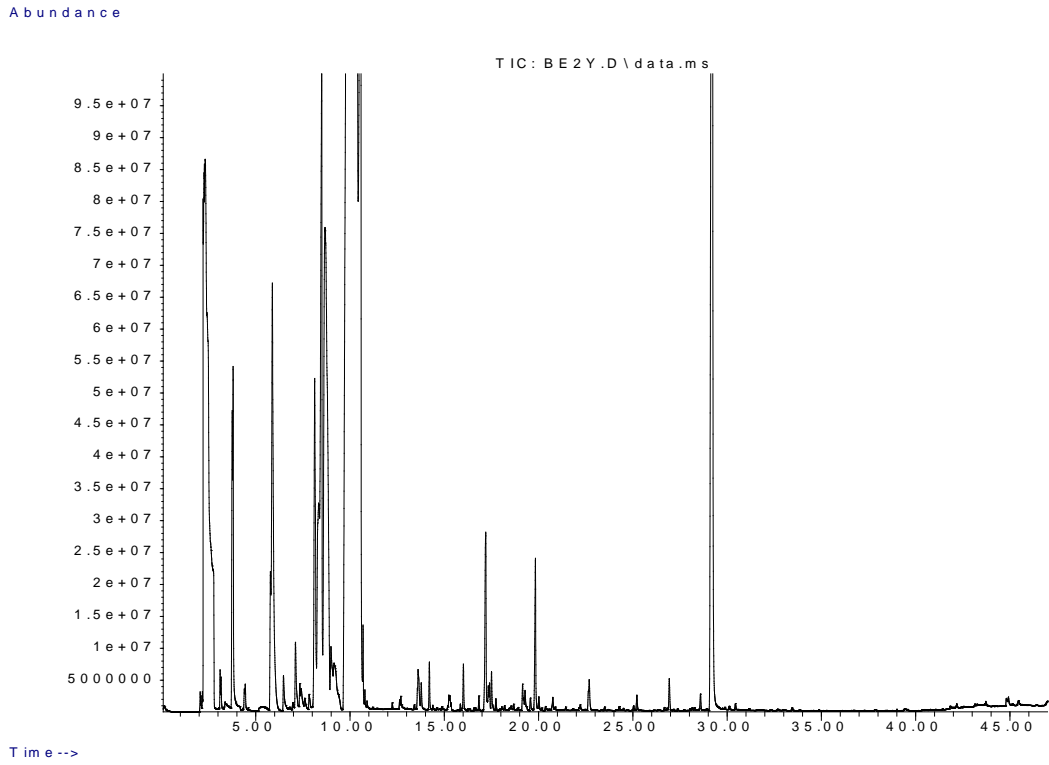
EK 3 Kekik uçucu yağ örneklerinin Terpen Bileşenleri Oranları (%)



EK 4 Alkan serisi

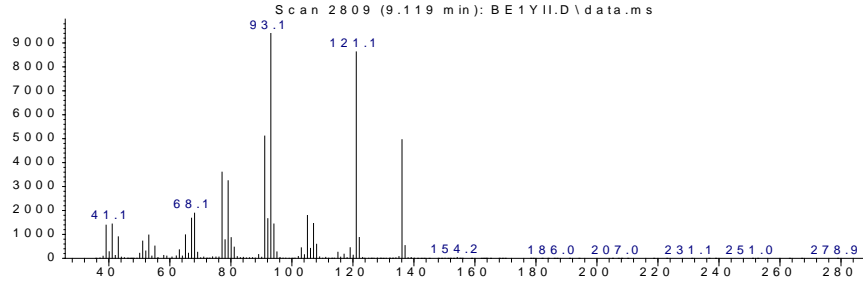


EK 5 Bursa uçucu yağ örneğine ait uçucu bileşen kromotogram profili

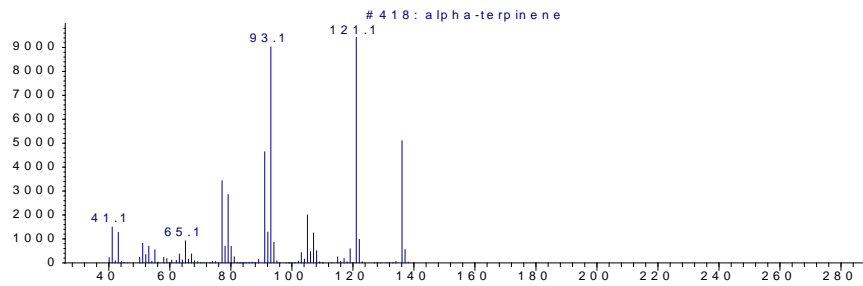


EK 6 Bursa uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

Abundance



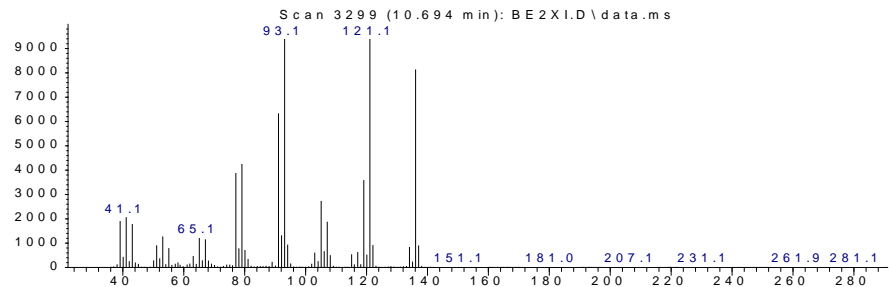
Abundance



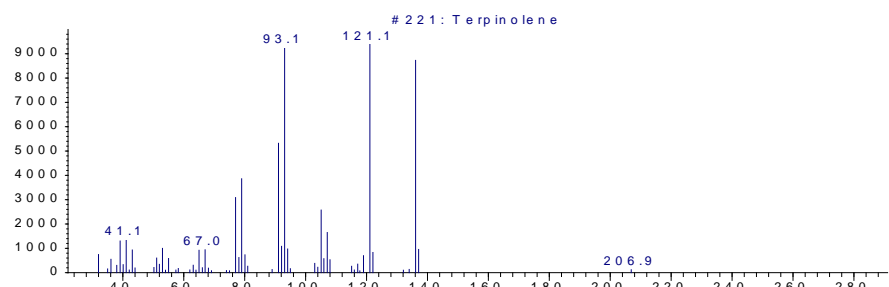
m/z-->

EK 7 Bursa uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

Abundance

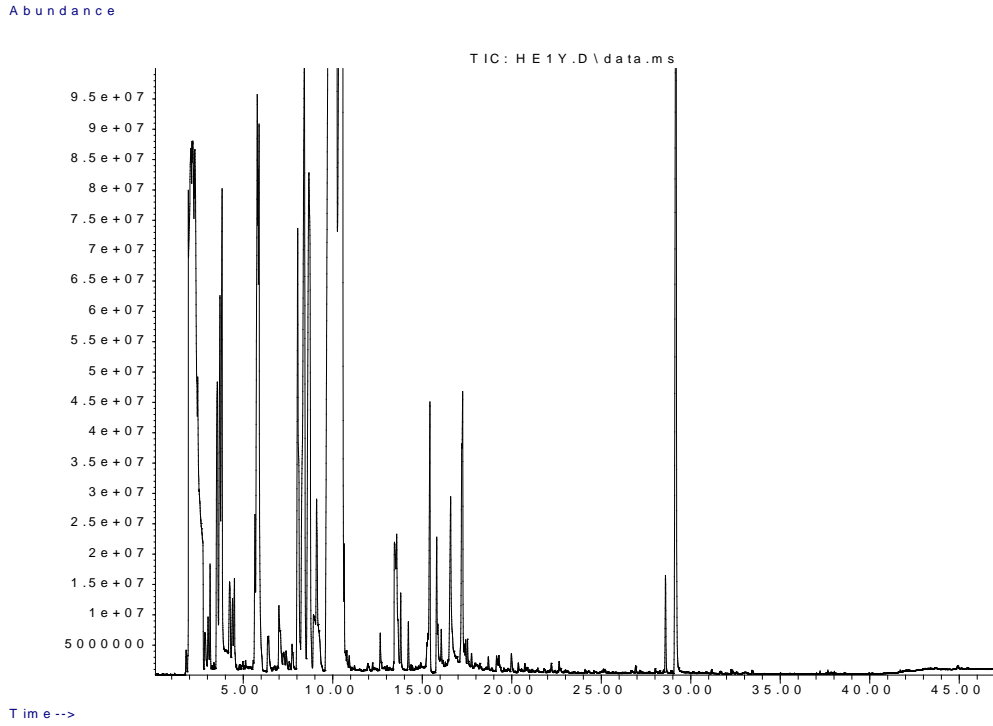


Abundance

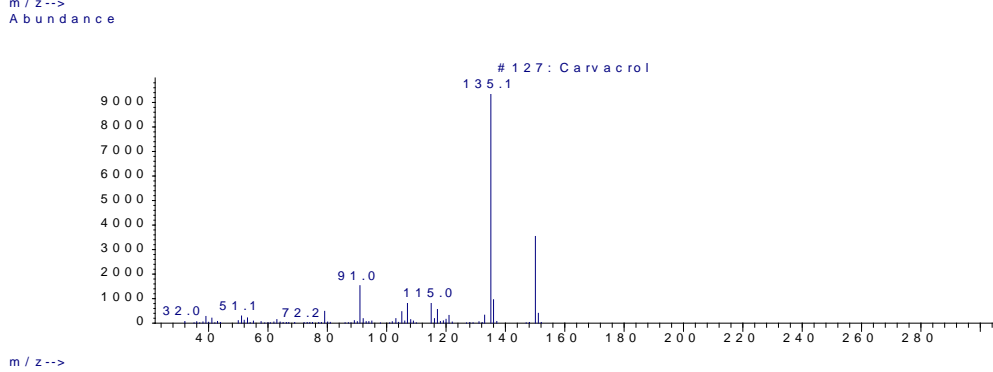
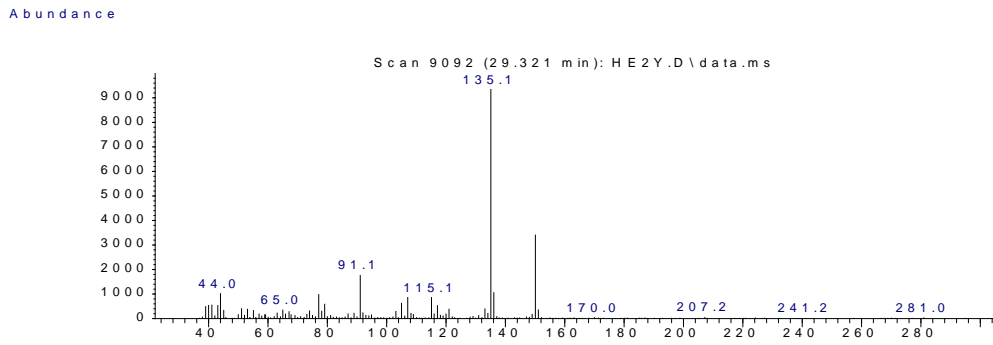


m/z-->

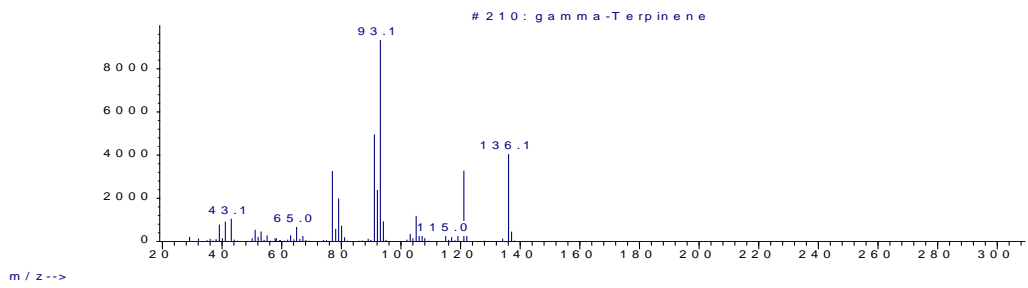
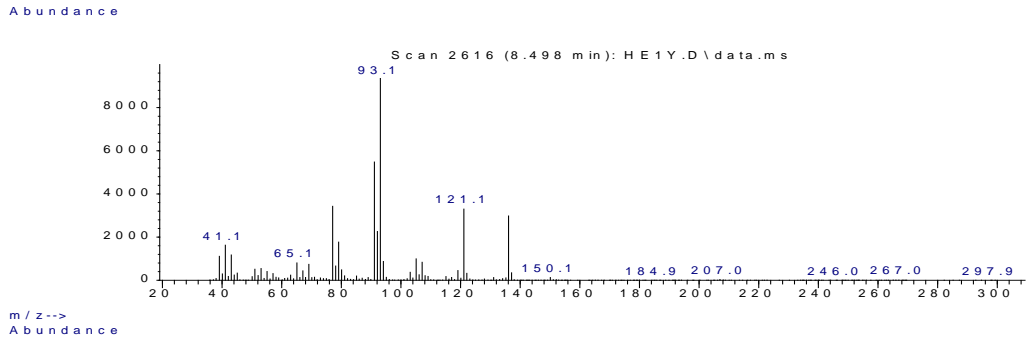
EK 8 Hatay uçucu yağ örneğine ait uçucu bileşen kromotogram profili



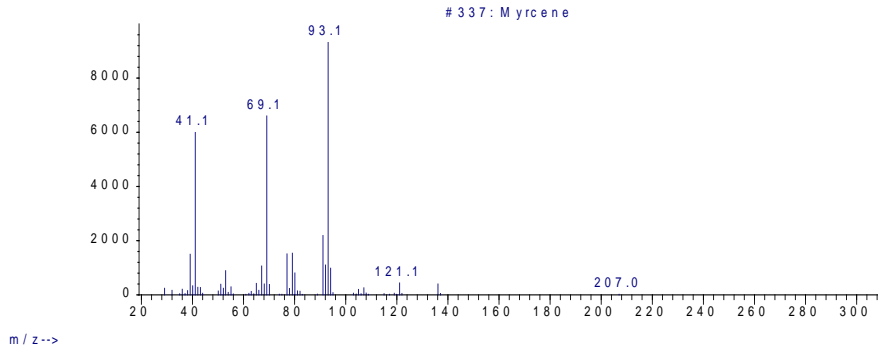
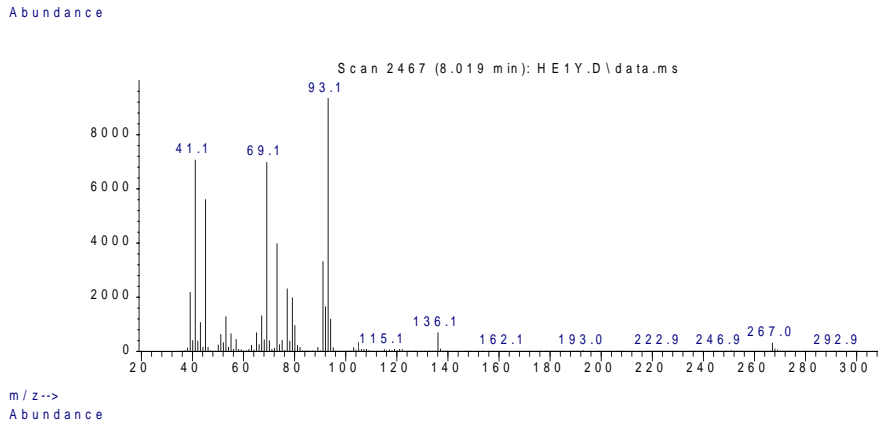
EK 9 Hatay uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili



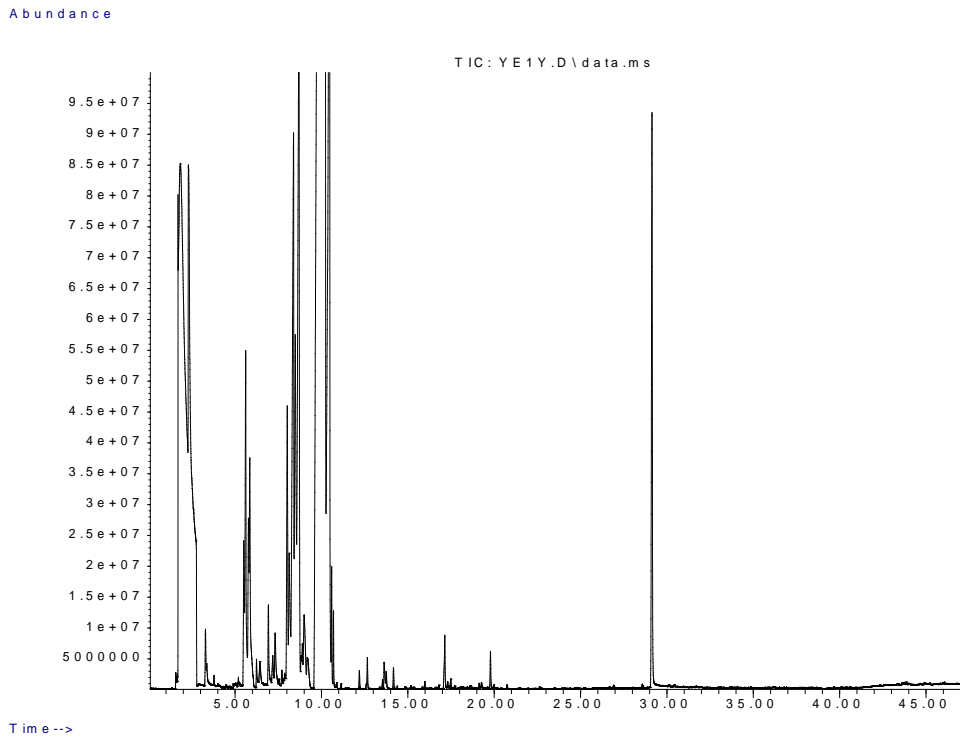
EK 10 Hatay uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili



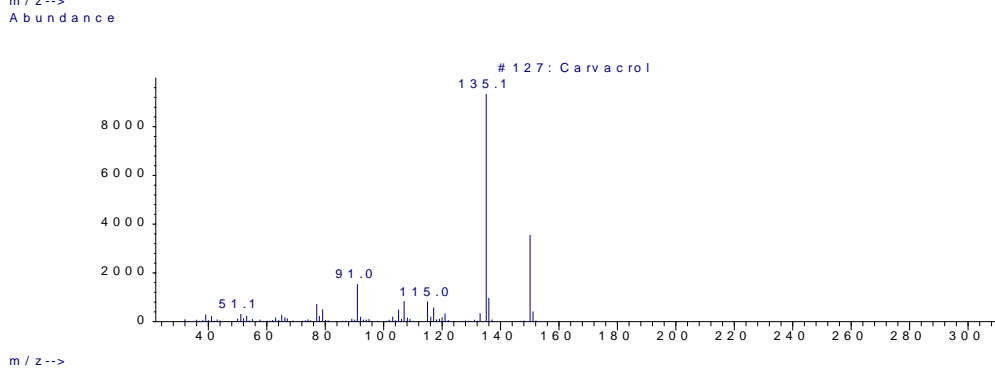
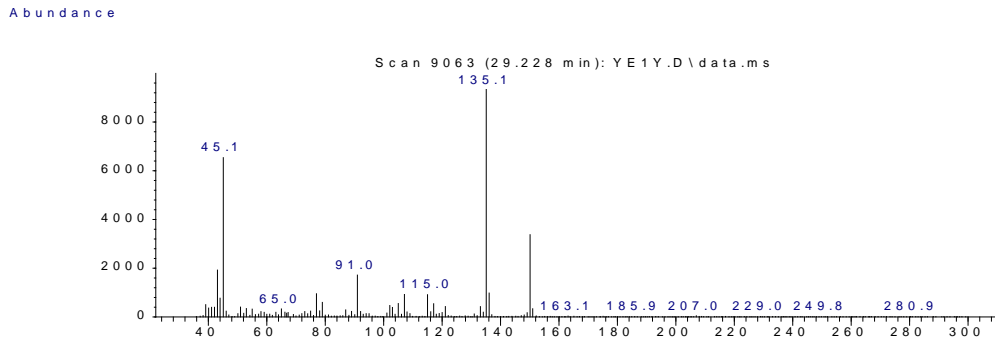
EK 11 Hatay uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili



EK 12 Ankara uçucu yağ örneğinin uçucu bileşenlerine ait kromotogram profili

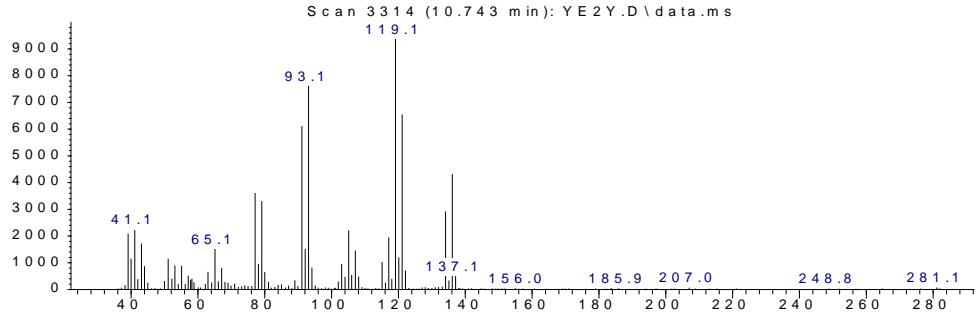


EK 13 Ankara uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

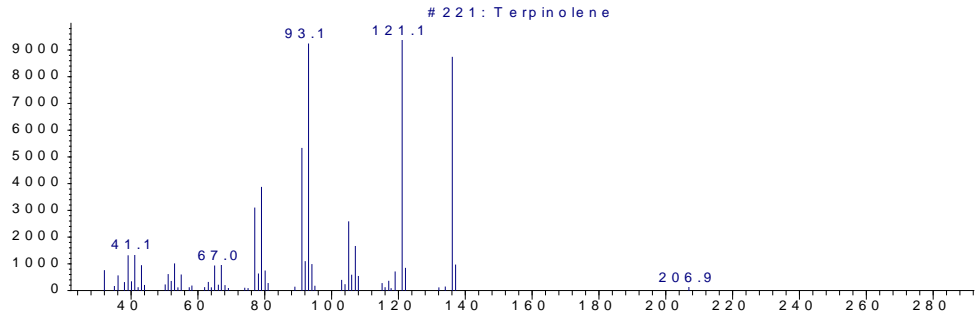


EK 14 Ankara uçucu yağ örneğinin majör aroma bileşenlerine ait kromotogram profili

Abundance



m/z-->
Abundance



m/z-->